# MANUAL DEL RADIOAFICIONADO MODERNO

**SERIE:**
mundo electrónico

marcombo
BOIXAREU EDITORES

SERIE: mundo electrónico

# manual del radioaficionado moderno

por varios autores bajo la coordinación de *José Mompín Poblet*, director de la revista «Mundo Electrónico».

marcombo
BOIXAREU EDITORES
BARCELONA-MEXICO

Copyright © 1983 de los autores

Reservados todos los derechos de la presente
edición en castellano por
MARCOMBO, S.A.
Gran Via de les Corts Catalanes, 594
Barcelona-7

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni
el almacenamiento en un sistema de informática, ni transmisión
en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico,
fotocopia, registro u otros métodos sin el permiso previo y por
escrito de los titulares del copyright.

ISBN: 84-267-0511-1 rústica
ISBN: 84-267-0512-X encuadernado
Depósito Legal: B. 19.104-1983
Impreso en España
Printed in Spain
Fotocomposición: Tharrats, S.L. - Gran Via de les Corts Catalanes, 569 - Barcelona-13
Impresión: Edunisa suc. Cuscó - Almirante Oquendo, 19 - San Adrián de Besós

# índice


1. Historia de la radioafición. . . . . 9
2. La función educativa y social de los servicios de radioaficionado . . . . . 13
3. Fundamentos básicos de electricidad y electrónica . . . . . 21
4. Propagación. . . . . 73
5. Fuentes de alimentación. . . . . 89
6. Recepción . . . . . 103
7. Transmisión . . . . . 113
8. Líneas de transmisión. . . . . 133
9. Antenas . . . . . 141
10. Sistemas avanzados de comunicación . . . . . 165
11. Repetidores . . . . . 193
12. Los computadores personales como ayuda al radioaficionado . . . . . 201
13. Instrumentación y equipo de prueba . . . . . 223
14. Interferencias y supresión. . . . . 233
15. Estación de radioaficionado: técnicas de operación . . . . . 243
16. Equipos para principiantes . . . . . 273
17. La radioafición de Iberoamérica . . . . . 295
18. Diexismo . . . . . 301
19. Concursos mundiales de radioaficionados . . . . . 309
20. Reglamentación nacional e internacional . . . . . 331
21. Diccionario inglés-español de términos utilizados en radiocomunicaciones. . . . . 345

Los autores. . . . . 363

# prólogo

*La radioafición es uno de los «hobbies» más fascinantes de la época moderna. Además de los muchos compañeros con los que el aficionado puede entablar contacto radioeléctrico, está su contribución social en muy diversas y a veces dramáticas ocasiones, como es frecuente conocer a través de los medios de comunicación.*

*Sin embargo, los continuos avances tecnológicos en materia de componentes electrónicos han hecho evolucionar considerablemente los transceptores y demás aparatos utilizados por los radioaficionados. Los equipos modernos poco tienen de común con los utilizados hace sólo una década; los semiconductores están desplazando a las válvulas; las memorias y los microprocesadores están irrumpiendo con fuerza también en el campo de los radioaficionados, los cuales ya no se contentan con el clásico emisor-receptor, sino que amplían su instalación con elaborados equipos electrónicos, como pueden ser el teletipo, la TV de barrido lento, el computador personal, etc., o utilizan los servicios de los satélites para radioaficionados.*

*Marcombo-Boixareu Editores se complace en presentar al lector de habla hispana esta obra cuyo principal mérito consiste precisamente en la descripción actualizada de todos los equipos modernos utilizados por los radioaficionados.*

*Es evidente que existen en el mercado una gran variedad de libros sobre esta materia; sin embargo ninguno de ellos está lo suficientemente actualizado como para ofrecer a los siempre inquietos radioaficionados las muchas posibilidades que las modernas tecnologías están permitiendo en el campo de las telecomunicaciones.*

*La obra se inicia con un repaso histórico de los orígenes de la radioafición y el análisis de la función educativa y social de tan sugestiva práctica, capaz de hermanar a más de 1.300.000 radioaficionados extendidos por todo el planeta.*

*En el capítulo tercero se ofrecen los fundamentos teóricos de Electricidad y Electrónica que debe conocer todo buen radioaficionado, poniendo especial énfasis en aquellos puntos del temario exigido para el examen oficial.*

*Los capítulos siguientes están dedicados al estudio de las fuentes de alimentación, propagación de las ondas, recepción, transmisión, líneas y àntenas. Aunque se trata de los clásicos temas de una obra de estas características, el enfoque es distinto. Hemos puesto especial interés en describir los fenómenos físicos y el principio de funcionamiento de los distintos equipos. Cuando es posible, se ha preferido recurrir a bloques funcionales, antes que dar largas explicaciones sobre complejos esquemas; con ello facilitamos la comprensión del equipo y evitamos utilizar esquemas que los frecuentes cambios tecnológicos dejan rápidamente obsoletos.*

*La obra incorpora también varios capítulos novedosos, como son los dedicados a sistemas especiales de comunicación, computadores personales como ayuda al radioaficionado y Diexismo, que sin duda serán enormemente apreciados por nuestros lectores.*

*Completan el índice diversos capitulos técnicos de indudable interés: repetidores, instrumentación y equipos de prueba, interferencias, estación del radioaficionado, etc., así como otros capitulos en los que se comenta brevemente la legislación de la radioafición en varios países iberoamericanos, la reglamentación española, los concursos mundiales de radioaficionado, y finalmente, un utilísimo diccionario inglés-español de los términos más frecuentemente utilizados en radiocomunicaciones.*

*Nos sentiríamos gratificados si esta obra logra satisfacer las expectativas surgidas entre los muchos radioaficionados españoles, quienes conocedores del esfuerzo que venían realizando esta editorial y los colegas coautores de la obra, nos han animado a seguir en la tarea iniciada hace ya algunos meses.*

*La obra «Manual del Radioaficionado Moderno», junto con la edición de la revista «CQ Radio Amateur» quiere ser la modesta aportación de Boixareu Editores al Año Internacional de las Comunicaciones cuya efemérides se celebra precisamente en 1983.*

**José Mompín Poblet**

# historia de la radioafición

1

*Esteban Bosch*

## 1.1 CUÁNDO SE INICIÓ LA ACTIVIDAD DE AFICIONADOS

La radioafición, como toda radiocomunicación, está basada en los fenómenos físicos que fueron estudiados experimental y científicamente por Gilbert, Maxwell, Faraday, Volta, Xalvin y Cavendish.

Fue Heinrich Hertz quien sintetizó sus propios estudios de físico teórico junto con los de Maxwell, hasta conseguir la primera transmisión-recepción de ondas de radio en 1887 que, a partir de este momento, se conocerían como ondas hertzianas.

Marconi realizó el primer sistema práctico de recepción y transmisión de ondas hertzianas en el año 1896. En 1897 consigue transmitir señales de radio a una distancia de 15 km y en 1898 establece una comunicación bilateral sin hilos entre Dover (Inglaterra) y Wimerax (Francia), cubriendo una distancia de 130 km. En diciembre de 1901, Marconi situado en San Juan de Terranova recibe la letra S en código Morse, transmitida por Ambrose Fleming desde Poldhu (Inglaterra), alcanzando a partir de este momento la culminación de su gran labor.

A comienzos del siglo XX, centenares de experimentadores se apasionaron ante la noticia de que las comunicaciones transatlánticas habían sido realizadas. Prosiguiendo las experiencias realizadas por sus ilustres antecesores fueron los primeros radioaficionados. Desde el año 1900 hasta el 1910 se construyeron centenares de rudimentarios transmisores y receptores y a partir del 1914, el movimiento de radioaficionados fue extendiéndose a muchísimas partes del mundo.

La finalidad plenamente científica de aquellos pioneros de la radioafición, dio origen al intercambio entre los mismos de todo tipo de datos e informaciones de sus experiencias, consecuencia de lo cual fue el nacimiento de las primeras *Asociaciones de Radioaficionados.*

La Asociación decana es la *Radio Society of Great Britain* (RSGB) que se constituye en Londres en el año 1913 y un año más tarde nace la *American Radio Relay League* (ARRL) de los Estados Unidos, hoy la más importante del mundo.

España no quedó ajena a estas importantes experiencias y ya en el año 1911 el Doctor Luis Cirera Terre, en su Torre Sarriá (Barcelona), levantó una antena de celosía de 1 $m^2$ de base y 24 m de altura con la que enlazó con D. Javier Canals, situado en la calle Caspe de Barcelona y que poseía una instalación similar, estableciendo la primera comunicación a 5 km de distancia con una longitud de onda de 500 m.

A medida que pasaban los años se fueron perfeccionando los equipos. Con las válvulas triodo de caldeo directo se consiguió alargar las distancias y pasar de las comunicaciones locales a comunicaciones esporádicas a unos 200 km, utilizando longitudes de onda de 200 m. A partir de aquí, los radioaficionados comenzaron a conseguir comunicaciones transatlánticas y en 1921, la ARRL envió a Europa a un gran experto, W2ZE Paul F. Godley, con el mejor equipo de recepción del orden disponible. Las pruebas fueron un éxito; se llegaron a recibir del orden de treinta estaciones norteamericanas en Europa y un año más tarde, en una segunda prueba, la recepción alcanzó la bonita cifra de 315 estaciones norteamericanas. En sentido opuesto se escucharon en Estados Unidos varias estaciones europeas situadas en Inglaterra y Francia.

No obstante, las experiencias demostraban la gran dificultad que existía para garantizar estas comunicaciones atlánticas en onda larga. Fue entonces cuando se decidió realizar ensayos en longitudes de onda inferiores a 200 m. En 1923, después de un cuidadoso estudio y preparación, se iniciaron las primeras comunicaciones en longitudes de onda inferiores a 90 m, con resultados altamente satisfactorios. Empezó de esta forma la era de las comunicaciones en onda corta, comprobándose que cuanto menor era la longitud de onda, mejores eran los resultados que se conseguían. A partir de 1924, empezaron a escucharse bastantes estaciones comerciales en la región de los 100 m.

Progresivamente se fueron constituyendo en muchos países asociaciones que agrupaban a los aficionados y en España nace en el año 1925 la *Asociación EAR*, cuya sede social se estableció en la calle Mejía Lequerica n.º 4 de Madrid, siendo su primer Presidente D. Miguel Moya, EAR-1. En 1930 se constituye otra Asociación paralela a la EAR, denominada *Red Española*, que ya en aquella época llegó a agrupar cerca de 300 asociados.

Volviendo a los años 20 y ante el continuo aumento del número de aficionados y la creación de Asociaciones Nacionales para unir a los aficionados de un mismo país, se convino de la necesidad de una unión internacional de toda las asociaciones, y así se acuerda constituir una *Asociación Internacional* que promocione y coordine las comunicaciones entre los radioaficionados, que fomente la amistad entre todos ellos y que represente los intereses de los radioaficionados en las *Conferencias Internacionales de Telecomunicaciones.* Nace así en 1925 la *International Amateur Radio Union (IARU),* con sede en Ginebra, que hoy agrupa ya un centenar de países miembros.

Como consecuencia de la reglamentación de la IARU, que sólo admite una sola Asociación Miembro por País, se llega al entendimiento en España de fusionar las Asociaciones EAR y RED ESPAÑOLA en una sola entidad, fundándose en el año 1933 por primera vez la *UNION DE RADIOAFICIONADOS ESPAÑOLES (URE).*

Con motivo de la guerra civil española, la URE fue disuelta en 1936 y no volvió a constituirse hasta el año 1948.

## 1.2 QUÉ ES EL SERVICIO DE RADIOAFICIONADO

El *Servicio de Radioaficionado* obtuvo su primer reconocimiento oficial en la Conferencia de Washington de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT o ITU), en el año 1927. En la Conferencia de Atlantic City (1947) del mismo Organismo Internacional fue definido como: «un servicio de instrucción individual, de intercomunicaciones y de estudios técnicos, efectuados por aficionados, esto es por personas debidamente autorizadas que se interesan en la radiotécnica con carácter exclusivamente personal y sin afanes de lucro» (Definición n.º 78 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT). Los requisitos técnicos para la obtención de la correspondiente licencia de operador de estaciones de radioaficionados y las condiciones en que son autorizadas sus estaciones dependen de las Administraciones de cada país. En líneas generales, los reglamentos nacionales de cada país están redactados bajo los siguientes principios:

*a*) Reconocer y valorar el servicio de radioaficionado como un servicio de comunicación voluntario y no comercial, con especial autorización para realizar comunicaciones de emergencia si fueran necesarias.

*b*) Primar y mejorar el servicio de radioaficionado mediante Reglamento que coadyuve al adiestramiento de los operadores tanto en el campo técnico como en el operativo.

*c*) Incrementar la reserva existente entre los radioaficionados, de hábiles operadores así como de expertos técnicos en electrónica.

*d*) Aprovechar la natural predisposición de los radioaficionados para mejorar a nivel internacional las relaciones entre las naciones.

La actividad de los radioaficionados constituye el único medio por el cual pueden establecerse provechosas relaciones amistosas a distancias de miles de kilómetros.

## 1.3 QUIÉNES SON LOS RADIOAFICIONADOS

La mayoría de los aficionados son varones, pero en muchos países existe ya un número considerable de cualificados operadores femeninos. La estadística indica que la edad media de los aficionados es 35 años, pero en casi todos los países en donde se hace una buena promoción de la radioafición entre la edad escolar, se encuentran muchos jóvenes de edades comprendidas entre los 15 y 18 años. Asimismo, entre los más antiguos operadores se encuentran grandes especialistas con licencia de más de cuarenta años.

Hoy existe en el mundo más de un millón de radioaficionados legalmente autorizados, de los que el 50% se encuentra casi exclusivamente entre Estados Unidos y Japón, siguiendo Inglaterra, Canadá, Alemania Occidental. Se espera que a principios del año 2000 se alcancen los dos millones de radioaficionados. Ningún otro servicio oficialmente reconocido en el Reglamento de la UIT supera esta cifra.

En España, la radioafición se ha ido desarrollando de acuerdo con la evolución social, política y económica del país. Su crecimiento ha sido muy alto, con una expansión progresiva a partir de los últimos 10 años.

En el año 1970 existían solamente 1.100 licencias y en 1980 se han superado las 8.000 estaciones y se estima también que para 1985 se acerquen a los 30.000.

| *Año* | *Número de licencias* |
|---|---|
| 1970 | 1.100 |
| 1971 | 1.210 |
| 1972 | 1.498 |
| 1973 | 1.760 |
| 1974 | 2.080 |
| 1975 | 2.536 |
| 1976 | 3.340 |
| 1977 | 4.065 |
| 1978 | 5.106 |
| 1979 | 6.208 |
| 1980 | 8.360 |
| 1981 | 12.500 |
| 1982 | 14.000 |
| 1983 | 18.000 |
| 1984 | 22.000 |
| 1985 | 30.000 |

Tabla 1.1 Progresión en el número de licencias de radioaficionado extendidas en España y previsiones para los próximos años

## 1.4 LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

La *Unión Internacional de Telecomunicaciones* (abreviadamente UIT o ITU) es una organización intergubernamental que cuenta con más de 140 países miembros. Y cuya sede se encuentra en Ginebra desde 1948.

El texto por el que actualmente se rige es el «Convenio Internacional de Telecomunicaciones (Málaga-Torremolinos, 1973)».

### 1.4.1 Objeto de la U.I.T.

1) Mantener y ampliar la cooperación internacional para el mejoramiento y el empleo racional de toda clase de telecomunicaciones.
2) Favorecer el desarrollo de los medios técnicos y su más eficaz explotación, a fin de aumentar el rendimiento de los servicios de telecomunicación, acrecentar su empleo y generalizar lo más posible su utilización por el público.
3) Armonizar los esfuerzos de las naciones para la consecución de estos fines.

A tal efecto y, en particular, la Unión Internacional de Telecomunicaciones:

*a*) Efectuará la distribución de las frecuencias del espectro radioeléctrico y llevará el registro de las asignaciones de frecuencia, a fin de evitar toda interferencia perjudicial entre las estaciones de radiocomunicación de los distintos países.

*b*) Coordinará los esfuerzos para eliminar toda interferencia perjudicial entre las estaciones de radiocomunicación de los diferentes países y mejorar la utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas.

*c*) Coordinará, asimismo, los esfuerzos en favor del desarrollo armónico de los medios de telecomunicación, especialmente los que utilizan técnicas espaciales, a fin de aprovechar al máximo sus posibilidades;

*d*) Fomentará la colaboración entre sus miembros con el fin de llegar, en el establecimiento de tarifas, al nivel mínimo compatible con un servicio de buena calidad y con una gestión financiera de las telecomunicaciones sana e independiente.

*e*) Fomentará la creación, el desarrollo y el perfeccionamiento de las instalaciones y de las redes de telecomunicaciones en los países en vía de desarrollo, por todos los medios de que disponga y, en particular, por medio de su

participación en los programas adecuados de las Naciones Unidas;

*f*) Promoverá la adopción de medidas tendentes a organizar la seguridad de la vida humana, mediante la cooperación de los servicios de telecomunicación;

*g*) Emprenderá estudios, establecerá reglamentos, adoptará resoluciones, hará recomendaciones, formulará votos y reunirá y publicará información sobre las telecomunicaciones.

### 1.4.2 Estructura de la UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones comprende los órganos siguientes:

1) La Conferencia de Plenipotenciarios, que es el órgano supremo.
2) Las Conferencias administrativas.
3) El Consejo de Administración.
4) Los organismos permanentes que a continuación se enumeran:
   *a*) la Secretaría General;
   *b*) la Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB);
   *c*) el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR);
   *d*) el Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT).

#### 1.4.2.1 *Conferencia de Plenipotenciarios*

La Conferencia de Plenipotenciarios, órgano supremo de la Unión, establece los principios generales de la política de la UIT. Revisa el Convenio, elige a los 36 miembros del Consejo de Administración, al Secretario General, al Vicesecretario General y a los cinco miembros de la IFRB. Está integrada por delegaciones que representan a los Miembros de la Unión. Se reúne normalmente cada cinco años.

#### 1.4.2.2 *Conferencias administrativas*

Las Conferencias administrativas de la UIT, que se convocan normalmente para estudiar cuestiones especiales de telecomunicaciones, son de dos clases: las Conferencias administrativas mundiales, y las Conferencias administrativas regionales.

Las Conferencias administrativas mundiales pueden, en especial, revisar totalmente o en parte los Reglamentos administrativos:

1) Reglamento Telegráfico.
2) Reglamento Telefónico.
3) Reglamento de Radiocomunicaciones y Reglamento Adicional de Radiocomunicaciones.

Estos Reglamentos están destinados a asegurar el funcionamiento internacional de las telecomunicaciones.

Las Conferencias administrativas regionales sólo pueden tratar cuestiones específicas de telecomunicaciones de carácter regional. Las decisiones de estas conferencias han de ajustarse en todos los casos a las disposiciones de los Reglamentos administrativos.

#### 1.4.2.3 *Consejo de Administración*

El Consejo de Administración de la UIT está constituido por 36 miembros de la Unión, elegidos por la Conferencia de Plenipotenciarios teniendo en cuenta la necesidad de una representación equitativa de todas las partes del mundo. Celebra una reunión anual y está encargado de adoptar las medidas necesarias para facilitar la aplicación por los miembros de la Unión de las disposiciones de la Conferencia de los Reglamentos administrativos, de las decisiones de la Conferencia de Plenipotenciarios y, llegado el caso, de las decisiones de otras conferencias y reuniones de la Unión.

Asegura asimismo la coordinación eficaz de las actividades de la Unión, sobre todo desde el punto de vista administrativo y financiero.

#### 1.4.2.4 *Organismos permanentes de la UIT*

El funcionamiento de la Unión en el orden administrativo está asegurado por cuatro organismos permanentes que tienen unos 600 funcionarios.

##### 1.4.2.4.1 Secretaría General

La Secretaría General está dirigida por un Secretario General auxiliado por un Vicesecretario General.

El Secretario General es responsable ante el Consejo de Administración de todos los aspectos administrativos y financieros de la actividad de la Unión, y coordina las actividades de los organismos permanentes asesorado y asistido por un «Comité de Coordinación», por él mismo presidido, integrado por el Vicesecretario General, los Directores de los Comités Consultivos Internacionales y el Presidente de la Junta Internacional de Registro de Frecuencia. El Secretario General actúa como representante legal de la UIT.

La Secretaría General está encargada de la administración de la Unión, de la publicación de los Reglamentos administrativos y de otras obras de la UIT, y de la ejecución de los programas de Cooperación técnica en el marco del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

##### 1.4.2.4.2 Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB)

Las funciones esenciales de la Junta Internacional de Registro de Frecuencias son las siguientes:

*a*) Efectuar la inspección metódica de las asignaciones de frecuencias hechas por los diferentes países, en tal forma que queden determinadas, de acuerdo con el procedimiento establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones y, si ha lugar, con las decisiones de las conferencias competentes de la Unión, la fecha, la finalidad y las características técnicas de cada una de dichas asignaciones, con el fin de asegurar su reconocimiento internacional oficial.

*b*) Efectuar en las mismas condiciones, y con el mismo objeto, la inscripción metódica de las posiciones asignadas por los países a los satélites geoestacionarios.

*c*) Asesorar a los miembros con miras a la explotación del mayor número posible de canales radioeléctricos en las regiones del espectro de frecuencias en que puedan producirse interferencias perjudiciales y a la utilización equitativa, eficaz y económica de la órbita de los satélites geoestacionarios.

*d*) Llevar a cabo las demás funciones complementarias, relacionadas con la asignación y utilización de las frecuencias y con la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios, conforme a los procedimientos previstos en el Reglamento de Radiocomunicaciones, prescritas por una conferencia competente de la Unión, o por el Consejo de Administración, con el consentimiento de la mayoría de los miembros de la Unión, para la preparación de conferen-

cias de esta índole o en cumplimiento de decisiones de las mismas, y

*e*) Tener al día los registros indispensables para el cumplimiento de sus funciones.

La Junta Internacional de Registro de Frecuencias está constituida por cinco expertos independientes, elegidos por la Conferencia de Plenipotenciarios, de modo que quede asegurada una distribución equitativa de las diferentes regiones del mundo.

Los miembros de la Junta eligen en su propio seno un presidente y un vicepresidente. Están asistidos de una Secretaría especializada.

1.4.2.4.3 Comités Consultivos Internacionales (CCI)

Los dos «Comités consultivos internacionales» de la UIT son organismos encargados:

*a*) De realizar estudios y de formular recomendaciones sobre las cuestiones técnicas y de explotación relativa a las radiocomunicaciones (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones-CCIR).

*b*) De realizar estudios y de formular recomendaciones sobre las cuestiones técnicas, de explotación y de tarificación relativas a la telegrafía y la telefonía (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico-CCITT).

Cada CCI está dirigido por un Director, asistido de una Secretaría especializada.

Pueden participar en sus trabajos todos los países miembros de la Unión y, asimismo, las empresas privadas de explotación de servicios de telecomunicación, los organismos científicos o industriales y las organizaciones internacionales que reúnan ciertas condiciones.

Cada uno de los CCI se reúne en Asamblea Plenaria a intervalos de varios años. La Asamblea Plenaria establece una lista de asuntos técnicos en materia de telecomunicaciones o «cuestiones», cuyo estudio puede redundar en la mejora de las radiocomunicaciones o del servicio telegráfico o telefónico, especialmente en las relaciones internacionales. Estas cuestiones se confían a un número determinado de Comisiones de estudio constituidas por expertos de diferentes países. Las Comisiones de estudio formulan recomendaciones que se someten a la siguiente Asamblea Plenaria. Si la Asamblea adopta las recomendaciones, se publican éstas en obras que difunde la Unión y que contienen también la lista de las cuestiones en estudio, de los programas de estudio, informes y ruegos adoptados por la Asamblea Plenaria de cada CCI (CCIR: siete tomos para la Asamblea Plenaria de Nueva Delhi, 1970; CCITT: nueve tomos para la Asamblea Plenaria de Ginebra, 1972).

En cumplimiento de decisiones de las Asambleas Plenarias de los CCI se han instituido una Comisión Mundial del Plan y Comisiones Regionales del Plan (África, América Latina, Asia, Oceanografía, Europa y cuenca mediterránea). Estas Comisiones desarrollan un plan general para la red internacional de telecomunicaciones que sirva de ayuda para planificar los servicios internacionales de telecomunicaciones. Confían a los Comités consultivos internacionales el estudio de las cuestiones que son de especial interés para los países en vía de desarrollo y que entran en la esfera de competencia de dichos Comités. Las Comisiones de Plan son Comisiones mixtas CCITT/CCIR administradas por el CCIT. Se han creado, además cinco «Grupos de trabajo autónomos especializados» para tratar cuestiones de carácter documental de especial interés para los países en vía de desarrollo. Estos grupos han publicado manuales cuyos títulos son:

— «Redes automáticas nacionales».
— «Redes telefónicas locales».
— «Aspectos económicos y técnicos de la elección de sistemas de transmisión».
— «Fuentes primarias de energía».
— «Estudios económicos en el plano nacional, sobre las telecomunicaciones».

# la función educativa y social de los servicios de radioaficionado

2

*Esteban Bosch*

## 2.1 INTRODUCCION

En septiembre 1979, después de más de 50 años, la Conferencia Mundial UIT ha confirmado las mismas fases del *Servicio Internacional de Radioaficionados* ya reconocido oficialmente desde 1927.

Según tal Conferencia organizada por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT o ITU) la actividad de Radioaficionados estaba entonces así definida: «Un servicio de instrucción individual, de intercomunicaciones y de estudios técnicos efectuado por radioaficionados, o sea por personas autorizadas que se interesan por la técnica de radioelectricidad solamente a título personal y sin interés monetario».

La actividad de los radioaficionados se inició unos 20 años antes, en los Estados Unidos; la calificación de «Servicio Internacional» le fue atribuida cuando, por mérito de los radioaficionados americanos y europeos, se demostraron las excepcionales posibilidades de comunicaciones ofrecidas por las ondas cortas (apartado 2.9).

Hoy en día nos damos cuenta de las consecuencias tan importantes que han habido en el campo social y educativo, ya que en el mundo toman parte de ella más de un millón de personas.

Se describe seguidamente el desarrollo de un Servicio mundial, comparando las situaciones que se presentan en varios países y analizando la validez dinámica de este movimiento para la ciencia en las exigencias de nuestro tiempo.

## 2.2 MAS QUE UN HOBBY, UN SERVICIO

El espectro de las ondas de radio utilizadas para las comunicaciones mundiales es un recurso normal bastante limitado y próximo a la saturación.

A pesar de la considerable ayuda de los satélites geoestacionarios para las telecomunicaciones, que ha aligerado la apremiante demanda de canales en las ondas decamétricas, el número de peticiones a la ITU supera mucho las posibilidades existentes.

Nos preguntamos cuál es el motivo por el que los radioaficionados son autorizados a utilizar 6 bandas de las ondas decamétricas, con un total de 3.100 kHz, o sea un 12 % del espectro disponible. El hecho es que el servicio de aficionados no es un simple hobby sino que, según la definición de la Comisión Federal USA de las Comunicaciones (FCC), satisface todas las características necesarias para el reconocimiento de un servicio de «Interés Público —Necesidad—Conveniencia».

La comunicación bilateral entre personas es quizás el aspecto de más apariencia y fascinante del Servicio, pero no el más importante.

El servicio del radioaficionado es, sobre todo, un servicio de instrucción: la adquisición de un complejo de conocimientos orgánicamente estructurados, con el fin de realizar experiencias en telecomunicaciones, que más adelante son utilizados en las comunicaciones privadas.

El radioaficionado es pues una persona que tiene tendencia a investigar más a fondo las resoluciones técnicas y científicas sobre las cuales se basa su hobby.

Por otra parte, el hobby y la sed de conocimiento no son opuestos, sino que la actividad del radioaficionado como hobby encaja en la teoría marcusiana del «Trabajo como juego».

Por otra parte, el que la actividad del radioaficionado produzca resultados relevantes y ventajosos a toda la humanidad no puede ser establecido a priori y depende también del grado de inserción del Servicio en el ambiente más amplio del contexto social nacional e internacional.

Se puede afirmar que la contribución del radioaficionado al desenvolvimiento de la comunicación en los primeros 40 años de nuestro siglo ha sido notabilísima.

El trabajo preparatorio y pionero tuvo entonces un resultado de tal relieve que, hasta el inicio de la Segunda Guerra Mundial, las radiocomunicaciones fueron particularmente acaparadas para los aficionados, fuera de los otros servicios oficiales interesados en el tema

«Un servicio de instrucción individual»; esta definición nos hace pensar en una manera de ser del todo contraria a las inclinaciones de nuestro tiempo. ¿Triunfo del individualismo sobre un grupo organizado? ¿Desinterés particular por la actividad de los otros?

No es cierto. El fin es indicar si se trata de un servicio netamente distinto de aquello que responde al concepto de «instrucción pública».

La precisión proviene del pragmatismo anglosajón y ha sido introducida para impedir que Estados miembros de la ITU pudieran adquirir ellos mismos el servicio, rigiéndose en actividad de instrucción, organizado por ellos mismos y eliminándole la libertad espontánea que le es característica.

El término «individual» sanciona la autonomía de los radioaficionados en el sentido de composición internacional.

Esta interpretación confirma de todas maneras el hecho de que la ITU reconoce y admite como «observadores» a la IARU, organismo representativo de grupo distinto y autónomo, referente a las relaciones que se intercambian entre cada radioaficionado y el Estado, del cual se es incidentalmente ciudadano.

Se trata entonces de instrucción individual en cuanto esa no sea autoritaria de este o aquel Estado, pero se realiza espontáneamente en el interior del grupo internacional de los radioaficionados, que organiza por sí mismo, dentro de los confines establecidos por los Reglamentos Internacionales, las maneras y los métodos para incrementar los conocimientos perseguidos en forma de hobby.

La definición del Servicio hace mención de los «estudios técnicos». Esta tercera aclaración sirve para definir ulteriormente la actividad del radioaficionado que no desea incrementar cualquier tipo de estudios, sino sólo aquellos que se refieren a los fenómenos radioeléctricos o de las radiocomunicaciones en general.

En verdad, la contribución de los radioaficionados al desarrollo de las radiocomunicaciones es notabilísima y justifica el requisito de la conveniencia que se compara ya en el Federal ACT estadounidense hasta el 1912.

Tales términos son, en nuestra lengua, como «fuente de beneficios» o sea produce beneficios efectivos.

Por otra parte, la motivación ha sido simple para parecer obvia; mientras las industrias y los laboratorios no divulgan la existencia de sus cortísimas investigaciones, compran con patentes sus investigaciones y las comercializan a muy alto precio, los radioaficionados por medio de las comunicaciones y por su particular idiosincrasia, divulgan, sin duda sin beneficio particular alguno, los resultados de sus experiencias.

La técnica recibe un impulso considerable por estos intercambios de información a nivel mundial entre individuos de distinto nivel técnico.

Basándose en estas promesas excepcionales y con un entusiasmo incontrolado, sostenido por unos estudios de profunda competencia, trabajan junto a técnicos y principiantes. El servicio de radioaficionados representa el cruce en el cual se funden experiencias extremadamente diferenciadas y su historia es apasionante.

## 2.3 DESDE LOS ORIGENES HASTA HOY

Después del suceso transatlántico de Marconi en el año 1901, en los Estados Unidos se registra un desarrollo vertiginoso en la autoconstrucción y experimentación de aparatos TSF (telegrafía sin hilos).

Hasta el 1908 es difícil distinguir entre los experimentadores por motivos profesionales y comerciales y los aficionados verdaderos.

El año en que nació la actividad de los radioaficionados es, posiblemente, el año 1907 en el cual la revista «Electrician & Mechanic Magazine» inicia con el título «Cómo se hace», la descripción de los componentes y aparatos para las comunicaciones TSF de débil potencia, explicando todos los detalles para la autoconstrucción.

Estos artículos escritos por radioaficionados, divulgan con todo detalle sus experiencias y sus resultados. Tales escritos se hacen diferenciar de los experimentadores profesionales divulgando el concepto según el cual el aficionado se dedica a los estudios técnicos «sin ningún provecho económico».

Al ir aumentando el número de radioaficionados y ante el posible caos que se podía organizar en las bandas, en el año 1912 se promulgó la ley TAFT según la cual, en USA, más de 1000 aficionados tenían que obtener una Licencia Federal, limitar la potencia a 1000 vatios, abandonar las ondas largas y concentrarse alrededor de una distancia de onda de 200 metros.

Según las opiniones difundidas en aquel tiempo (hasta en el ambiente científico) estas distancias de ondas cortas no permitían comunicaciones a grandes distancias. En efecto, con la potencia de 1 kW, los aficionados en 1914 conseguían a duras penas comunicar hasta 200 o 300 km, y empleando receptores muy complicados.

Se constituyen en aquel año, en Hartford (Connecticut) la ARRL (American Radio Relay League) con el deseo de coordinar la actividad de los aficionados y realizar, con la repetición de mensajes, el acercamiento de lugares sitos en extremos confines de USA.

En las estadísticas del año 1915 los socios de la Liga tenían una edad comprendida entre los 15 y 64 años.

Los radioaficionados demostraron que, aunque empleando una longitud de onda poco ventajosa y una potencia limitada, podían con sólo 5 transmisiones hacer llegar un mensaje desde la Costa Atlántica hasta California en menos de una hora.

Después de la Primera Guerra Mundial se registra un distinto desarrollo de actividad de los Radioaficionados, incluso en nuestro Continente. Pero en Europa habían decenas de emisoras, mientras que en USA, en 1920, habían ya 6000.

Con las mejoras introducidas con el empleo de los tubos electrónicos, tanto para recibir como para transmitir, se empezaba a pensar seriamente en la unión transatlántica utilizando potencias menores de 1 kW, en contraste con los centenares de kilovatios necesarios en las potentes emisoras comerciales de ondas largas.

Fue después de tres experimentos coordinados de la ARRL y de la RSGB (Radio Society of Great Britain), y merced un comunicado que duró varias horas en la noche del 28 de noviembre de 1923 entre Fred Schnell (USA) y el francés Leon Deloy, empleando menos de 400 W en onda de 110 metros, que se pudo demostrar que las ondas cortas, más que las largas, conseguían comunicaciones a una distancia excepcionalmente grande con una potencia relativamente pequeña.

Anteriormente al año 1927, el nacimiento de la radiodifusión y el desarrollo de muchos servicios que empleaban las radiocomunicaciones, crearon una situación peligrosa para la supervivencia del Servicio de Radioaficionados.

Afortunadamente los Estados Unidos, país de mayor progreso en este campo bajo el punto de vista de la cantidad de radioaficionados, demostraron con una legislación inteligente, que un gran número de emisoras con destino a muy variados servicios podían convivir en el espectro general.

Después de la radiodifusión vino, por ejemplo, la reducción del ancho de banda solo a 9 MHz; a las emisoras comerciales de la Marina y del Ejército se les prohibió el empleo de los «transmisores de chispa» (que en aquel tiempo representaba una generación de interferencias en su parte amplia del espectro) y así sucesivamente.

La legislación USA fue en gran parte aceptada por la Conferencia Mundial ITU del 1927 la cual, por primera vez, establecía la exactitud de las Radiocomunicaciones de las ondas más largas hasta las cortísimas de 5 metros (60 MHz).

Desde 1927 en adelante, a través de varias conferencias ITU, el servicio del aficionado ha ido variando progresivamente en el aspecto del espectro asignado.

En la Conferencia de 1927 las Bandas aceptadas fueron seis; la más alta, de carácter pionero, terminaba en 60 MHz; la suma de las gamas de onda comprende 3485 kHz. Después de la Conferencia ITU de Ginebra 1959 las cinco gamas de ondas decamétricas sumaban 2500 kHz exclusiva-

| Nación | N.º de empleados en la industria electrónica | N.º de radioaficionados |
|---|---|---|
| USA | 700.000 | 250.000 |
| Gran Bretaña | 250.000 | 14.000 |
| Alemania Federal | 225.000 | 9.850 |
| Japón | 160.000 | 8.750 |
| Francia | 67.000 | 3.000 |
| Italia | 32.000 | 2.850 |
| España | 22.000 | 2.000 |
| Canadá | 19.000 | 9.300 |

Tabla 2.1

mente, compartidas conjuntamente con otros Servicios en más de 400 kHz.

El aumento del número de radioaficionados (poco más de 20.000 en el año 1927 a más de 1 millón en 1978), y al reducirse el espectro disponible, ha ido obligando a mejorar los medios técnicos para reducir la amplitud de los canales ocupados por los transmisores y, por otra parte, para obtener una recepción limpia de interferencias a causa de la congestión de las bandas.

Paralelamente al progreso de los medios de transmisión y recepción de las bandas decamétricas, se busca al máximo una eficiente utilización de las bandas de VHF-UHF-SHF, no solamente para comunicaciones en zonas visuales, sino también en las comunicaciones a larga distancia.

Observando los «ciclos» del progreso tecnológico debido a la actividad de los radioaficionados notamos que en los primeros 25 años, dedicaron particularmente sus esfuerzos a la mejora de los circuitos.

En los 35 años siguientes resolvieron con sus estudios el perfeccionamiento de las antenas de elevadas ganancias, realizando estudios de la propagación de las ondas métricas (VHF) más allá del horizonte, para luego volver, en los últimos 10 años, a la mejora de los circuitos con la utilización de una amplia gama de semiconductores no solamente en las emisoras, sino también en los repetidores instalados en zonas elevadas y en los satélites que circundan la Tierra. Estos últimos orbitando a una altura de unos 1.500 km, permiten en cada punto comprendido en la banda de influencia, cerca de 20 minutos de comunicaciones VHF y UHF hasta una distancia de 7000 km cada 115 minutos.

## 2.4 DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ELECTRONICA

La tabla 2.1 y las figuras 2.1 y 2.2 muestran las relaciones entre el desarrollo de la industria electrónica y el incremento de los radioaficionados en algunas naciones tomadas como ejemplo.

Los datos del desarrollo de la industria electrónica han sido tomados de un estudio efectuado en Israel en 1964 y los referentes al incremento de radioaficionados de las estadísticas de la IARU.

Como se puede fácilmente observar, con excepción de Canadá, el crecimiento del número de radioaficionados y el aumento de las industrias electrónicas van a un mismo ritmo.

Por otra parte la comparación numérica, refiriéndose al año 1963, confirma esta observación (tabla 2.1). En los últimos años, el crecimiento mayor de radioaficionados se registra en Japón y en Italia, con índice semejante, pero en Japón el crecimiento numérico va seguido muy de cerca por el crecimiento de la industria electrónica.

Donde existen muchos radioaficionados, por ejemplo Estados Unidos y Japón, la industria electrónica puede

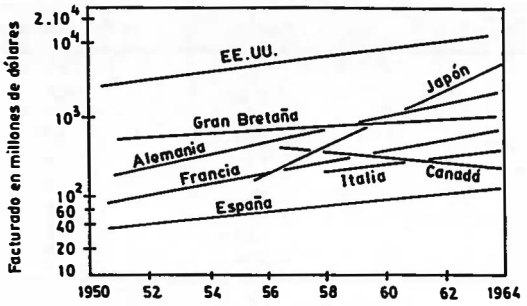



Figura 2.1 Desarrollo de la industria electrónica en algunos países en el período 1951-1963

encontrar un mejor desarrollo valiéndose de técnicos de distintos niveles con una preparación de base, la cual permite su introducción en el ciclo productivo con los mínimos gastos de adiestramiento por parte de la misma industria.

## 2.5 UN RECURSO PARA UTILIZAR MEJOR

En los países en que menos se necesita instruir a los técnicos, más se favorece el Servicio de los aficionados.

En los Estados Unidos, en la mayor parte de los países de la Commonwealth donde prevalecen gobiernos anglosajones, en la Unión de Sudáfrica y en Japón, los radioaficionados gozan de un prestigio particular. Las relaciones con las autoridades son importantes y especialmente la colaboración de los centros escolares que están interesados en esta actividad, siendo pocas las escuelas que no tengan una emisora propia.

En muchas de estas naciones hay centros para aprender la astronomía y Mecánica Estelar para los más jóvenes, que utilizan para prácticas los 4 «satélites de fácil acceso» en órbita actual: 2 OSCAR producidos por radioaficionados estadounidenses y 2 RS, repetidores parecidos, construidos en URSS.

Se ha observado que las naciones privadas de un

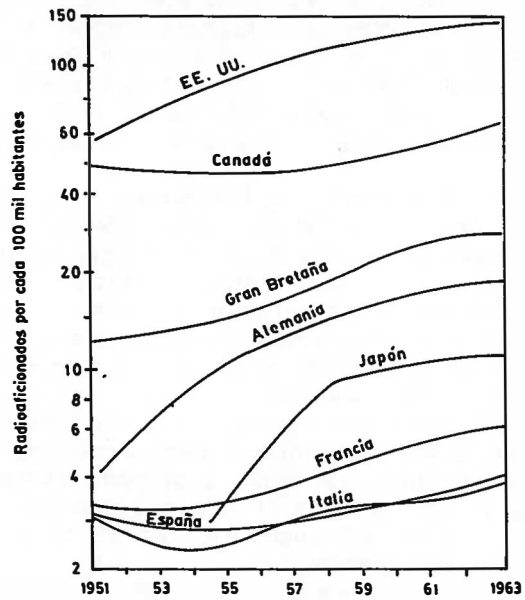



Figura 2.2 Densidad de radioaficionados sobre 100.000 habitantes en los países considerados en la figura 2.1.

| *País* | *Emisoras* | *x $10^5$ habitantes* |
|---|---|---|
| Bélgica | 2.882 | 23 |
| Dinamarca | 4.600 | 93 |
| Francia | 12.606 | 14 |
| Alemania Federal | 50.000 | 78 |
| Gran Bretaña | 35.727 | 55 |
| Irlanda | 372 | 13 |
| Italia | 12.000 | 28 |
| Luxemburgo | 135 | 45 |
| Países Bajos | 6.600 | 46 |

Tabla 2.2 Densidad de radioaficionados por cada 100.000 habitantes en los países de la CEE, en la actualidad

| *País* | *Emisoras* | *x $10^5$ habitantes* |
|---|---|---|
| Bulgaria | 950 | 12 |
| Checoslovaquia | 4.200 | 25 |
| Polonia | 5.900 | 16 |
| R.D. Alemana | 2.500 | 13 |
| Rumania | 2.652 | 12 |
| Hungría | 1.920 | 16 |
| URSS | 15.000 | 7 |

Tabla 2.3 Densidad de radioaficionados por cada 100.000 habitantes en los países del Este, en la actualidad

privilegio tecnológico, en las que el desarrollo se encuentra en una fase embrionaria, producen profesores y estudiantes de leyes, futuros empleados para la burocracia, pero tienen gran dificultad para instruir a los técnicos.

Precisamente de ellos viene la aversión al desarrollo del Servicio de los Radioaficionados, y no es por la incomprensión hacia esta actividad sino por el antagonismo hacia «las naciones privilegiadas» que sostienen y estimulan tal actividad.

Algunas naciones de alto desarrollo industrial, no favorecen el Servicio de los radioaficionados por motivos políticos y militares no justamente esclarecidos ni justificados.

Es extraño y difícil comprender como algunos pocos países no se hayan dado cuenta de los beneficios que los radioaficionados pueden aportar en el aspecto social.

Aparte de la investigación y progreso tecnológico, desde un principio, la actividad de los radioaficionados ha tenido una influencia de carácter formativo y educativo en el ambiente juvenil. Está demostrado estadísticamente que estas actividades, en la mayoría de los casos, contribuyen en la orientación profesional de una carrera de tipo técnico-científico.

Unos veinte años atrás, Mr. Herbert Hoover, Subsecretario de Estado de los Estados Unidos desde 1954 hasta 1957, estimaba que las actividades de los radioaficionados en su país en los primeros 50 años habían motivado que más de un millón de jóvenes en un tiempo más o menos largo, se interesasen por el Servicio de radioaficionados y el 82% había escogido su profesión o un empleo en base a las experiencias de radiocomunicaciones.

Estadísticas norteamericanas calculan que de los 400.000 aficionados, 10.000 están empleados en carreras relacionadas con la electrónica, la informática, disciplinas científicas en general, y que la mayoría de los casos es debido a sus experiencias como radioaficionados en su período de formación escolar (apartado 2.11).

Por otra parte, en las naciones en las cuales no se facilita esta actividad, el Servicio se dispersa y tiende a autopromocionarse. Por tanto, resultaría muy conveniente para el futuro de la radioafición el que todas las naciones fomentasen su conocimiento y formación tecnológica en los centros escolares, lo que sin duda serviría para conseguir una mejor preparación de los radioaficionados noveles y contribuiría al avance de las telecomunicaciones en el campo de las microondas mediante una importante aportación de nuevas savias.

## 2.6 LA BUSQUEDA EXPERIMENTAL

Quizás en ninguna disciplina tanto como en la radiotecnia es válida la afirmación por la cual «la experimentación es buena».

En realidad, en las actividades de los radioaficionados la teoría y la práctica van ligadas y los resultados son inmejorables.

En los años 20 se tuvieron que superar unas dificultades considerables para descender a las longitudes de onda bajo los 100 metros (3 MHz) pero como resultado se obtuvo un descubrimiento en un nuevo campo de frecuencias desde 1,5 hasta 30 MHz que permitían acoplamientos excepcionales a distancia de antípodas, con potencias de increíble modestia.

En 1927 la Conferencia ITU asignaba a los radioaficionados una banda experimental que por sus características parece más lejos de las posibilidades ofrecidas por la propagación ionosférica: la gama de 60 MHz.

Utilizada de distintas maneras, desde los inicios de los años 30 se conocían las peculiaridades de la propagación a media y larga distancia.

A medida que se perfeccionaba la técnica, se iban utilizando frecuencias más elevadas, haciéndose experiencias sobre las posibilidades de comunicación más allá del horizonte óptico, con frecuencias de hasta 100 MHz.

En el año 1938 la Conferencia ITU en El Cairo asignaba a los radioaficionados también la banda VHF 112 MHz, cuyas posibilidades de transmisión a media distancia por vía troposférica habían sido resueltas positivamente.

Después de la Segunda Guerra Mundial, en la Conferencia ITU de 1947, la banda VHF era transferida a 144-146 MHz y se asignaba para la experimentación de los radioaficionados otras 7 bandas de frecuencia comprendidas entre 0,42 GHz y 22 GHz.

En un principio se descubrieron excelentes posibilidades de propagación más allá de la visión óptica, también en la banda UHF para la difusión troposférica y por otros complejos ligados con la troposférica. Se pasaba entonces a los comunicados en UHF a enormes distancias usando la Luna como reflector pasivo (Moon Bounce), y más recientemente empleando repetidores de construcción propia instalados en satélites: los OSCAR (Orbiting Satellites Carrying Amateur Radio).

El empleo de las bandas de microondas, por encima de 3 GHz, era muy difícil por el alto precio de algunos componentes especiales; en realidad, los tubos electrónicos generadores de microondas eran extremadamente costosos y no era fácil conseguirlos como componentes «surplus» en buen estado de funcionamiento. Hasta hace algunos años estos sistemas estaban limitados a aplicaciones industriales o militares: radiolocalizaciones, puentes radio, etc.

Esta dificultad está cambiando rápidamente gracias a la producción en masa de generadores «de estado sólido», de mucha fiabilidad y bajo coste.

Este cambio se hace notar rápidamente en el ambiente de los radioaficionados, ya que la banda de 10 GHz (3 cm) se

utiliza a partir de este momento más intensivamente por nuestros experimentadores los cuales con «su institución puramente de aficionados» descubren una vez más que el alcance óptico de las ondas de radio es un mito que el estudio y la experimentación apasionada han hecho caer progresivamente.

En 1901 Marconi fue calificado, en algunos ambientes, de «vidente» e «impostor» cuando dijo haber recibido señales de Poldhu (GB) en San Juan de Terranova, en Canadá. Se creía imposible que las ondas de radio pudieran traspasar el Océano Atlántico. Sin embargo, los hechos demostraron que las ondas largas cubrían las distancias intercontinentales, y se verificó que las ondas menores de 200 metros debían tener alcance óptico. De hecho en el 1912 estas ondas fueron asignadas a los radioaficionados.

En los años 1920 hasta 1923 estos experimentadores demostraron que a consecuencia de las posibilidades refractarias de la atmósfera (ionosfera) estas ondas llegaban muy lejos.

Pero alrededor de los 10 metros (30 MHz) la ionosfera parecía perder sus poderes mágicos y entonces de nuevo «los expertos» declararon que el alcance óptico existía por debajo de los 10 metros. Unos diez años más tarde los radioaficionados demostraron que la refracción producida por el vapor de agua en la troposfera, permitía a las ondas de hasta 3 metros alcanzar más allá del horizonte. Han pasado desde entonces 40 años, y hoy día, el alcance óptico no es ya válido ni siquiera en las microondas, por lo menos hasta un poco más allá de 10.000 MHz.

| *País* | *Emisoras* | *× $10^5$ habitantes* |
|---|---|---|
| Argelia | 250 | 2 |
| Angola | 275 | 5 |
| Austria | 3.100 | 34 |
| Bahrein | 25 | 15 |
| Botswana | 15 | 2,5 |
| Chipre | 148 | 25 |
| Costa d'Avorio | 88 | 2,5 |
| Islas Feroe | 80 | 200 |
| Finlandia | 3.300 | 58 |
| Ghana | 102 | 1,5 |
| Jordania | 11 | 0,4 |
| España | 15.000 | 52 |
| Grecia | 380 | 3,5 |
| Kenya | 55 | 0,6 |
| Islandia | 65 | 30 |
| Israel | 880 | 35 |
| Líbano | 150 | 6 |
| Liberia | 60 | 6 |
| Malta | 15 | 23 |
| Mauritania | 35 | 44 |
| Marruecos | 250 | 1,8 |
| Mozambique | 288 | 4 |
| Nigeria | 12 | — |
| Noruega | 5.100 | 120 |
| Portugal | 830 | 8 |
| Princip. Mónaco | 32 | 102 |
| Rodesia | 201 | 40 |
| Rep. San Marino | 8 | 30 |
| Arabia Saudí | 21 | — |
| Sierra Leona | 14 | 0,6 |
| Siria | 12 | 0,2 |
| Túnez | 11 | 0,3 |
| Turquía | — | — |
| Unión Sudafricana | 3.500 | 55 |
| Vaticano | 4 | — |
| Yugoslavia | 2.800 | 15 |
| Zaire | 60 | — |
| Zambia | 44 | 1 |

Tabla 2.4 Densidad de radioaficionados por cada 100.000 habitantes en otros países de la Región 1 de la IARU.

Desde 1976 los experimentos británicos y holandeses han descubierto que en los reflejos del agua, y a poquísima altura referente a la superficie líquida, se forman unos conductos que guían las microondas mucho más allá del horizonte óptico. En el Mar del Norte, en verano, se recorrieron distancias de 300 a 500 km.

Tales experimentos, denominados «comunicaciones SHF por super-refracción» realizados por radioaficionados italianos han llegado a resultados muy interesantes.

Por obra de los experimentadores boloñeses y triestinos, por ejemplo, se realizó un sistema de comunicación directo semipermanente, entre Trieste y Bolonia con potencias de 10 milivatios. Se pudo averiguar que la super-refracción es factible muchos días al mes y muchas horas del día no solamente en el mar, sino también en el Valle Padana; sobre todo en la oscuridad.

En el año 1979, se consiguió una plusmarca mundial; el radioaficionado boloñés I4CHY que operaba desde Gargano con 10 milivatios consiguió una comunicación bilateral con I2FZD de Brescia, que operaba en condiciones similares. Distancia recorrida sin alcance óptico 633 km.

Experiencias de marcado interés científico están todavía en curso. Después de 40 años de una continua mejora del nivel tecnológico, los radioaficionados han realizado importantes estudios de las microondas en toda su amplia escala, con aplicaciones de débiles potencias, que habían pasado inadvertidas a los profesionales y que han sido fruto de la tenacidad y elevados conocimientos demostrados por estos hombres que investigan los medios de comunicación desinteresadamente.

La Conferencia ITU en 1979 tuvo en consideración el desarrollo de cada nueva técnica; en los últimos 5 años y gracias a los dispositivos semiconductores, derivados en gran parte de los estudios sobre las propiedades del arseniuro de galio, las microondas han empezado a invadir nuestros mercados no solamente para telecomunicación, sino también para muchas aplicaciones de tipo doméstico e industrial.

## 2.7 UN FENOMENO EN INCREMENTO

Es evidente el importante desarrollo del Servicio desde 1927 hasta hoy, existiendo una diferencia entre el grupo USA-Japón y el resto del mundo. Tal diversidad sigue muy de cerca el desarrollo tecnológico de los distintos países. Más del 85 % de los aficionados pertenece a los países más industriales de Occidente.

Es evidente también que el fenómeno radioaficionado, al igual que todas las manifestaciones de cultura, se está acercando a una base más amplia. Hobby de élite en un tiempo, es hoy una actividad que alcanza grandes proporciones en diferentes clases sociales.

Hasta ahora, en los 100 países en los cuales está presente esta actividad, los aficionados han tenido un desarrollo espontáneo, siendo a nuestro parecer las condiciones que facilitan dicho desarrollo las que siguen:

1) Un cierto aumento de nivel social y económico;
2) Una educación de base suficientemente difundida;
3) Existencia de revistas especializadas, que, con escritos fácilmente comprensibles, puede interesar a un considerable número de personas.
4) Una cierta facilidad de adquirir materiales a coste razonable.
5) Una legislación no opresiva.

La diversidad de la densidad de aficionados relacionada

con la población conduce a interesantes reflexiones: En los Estados Unidos (Región 2/ITU) existen 180 radioaficionados por cada 100.000 habitantes. En el Japón (Región 3/ITU) existen alrededor de 350 aficionados por cada 100.000 habitantes. En la Región 1/ITU (que comprende Europa, Africa, URSS, Oriente Medio y la Península Arábiga) hablar de una densidad media es imposible: se va en realidad desde 200 por 100.000 habitantes de las Islas Feroe hasta menos de 0,1 en Nigeria (tabla 2.4).

El incremento del número de emisoras de radioaficionados en los países más adelantados es del 20 % anual.

Ya que la formación primaria de los aficionados tiene lugar entre los 15 y los 18 años, debería hacerse un notable esfuerzo dirigido a atraer a los más jóvenes. Por ejemplo, la concesión del indicativo SWL no se debería vincular a una edad mínima, mientras que la edad del certificado de «Licencia de Transmisión» debería ser rebajada.

Por otra parte se debería tener en las escuelas de grado medio y superior una colaboración planificada entre sociedad y profesorado; hasta ahora hemos observado que en los contados casos de iniciativas individuales de ciertas enseñanzas, los resultados han sido generalmente excelentes y el interés de los jóvenes notable. Lo mismo sirve para ciertas experiencias realizadas de manera sistemática por algunos grupos de boy-scouts, cursos anuales en los campamentos de verano de escuela, etc.

## 2.8 APORTACIONES DE LA RADIOAFICION

El servicio internacional de radioaficionados fomenta la experimentación a nivel mundial bajo todos los aspectos, desde las técnicas constructivas hasta las aplicaciones técnicas de nuevos componentes y a las inversiones paracientíficas.

Es una forma de instrucción en distintos niveles que impone al principiante, para poder conseguir el permiso de transmisión, el tener que demostrar sus conocimientos, aunque sean elementales, sobre la radiotecnia.

Toda actividad de los radioaficionados es una instrucción progresiva y continua, tanto si se trata de una simple emisora telegráfica de poca potencia para principiantes, como de una compleja cadena de aparatos para comunicaciones vía satélite o por rebote lunar.

La aplicación práctica de las técnicas de radiotransmisión proporciona a la comunidad las siguientes ventajas indirectas:

1) Prepara expertos operadores en las técnicas operativas.
2) Desarrolla las relaciones internacionales a nivel de cada individuo.
3) Contribuye a las experiencias científicas encajando en los programas de las grandes organizaciones internacionales como el CCIR (división de la ITU).
4) Proporciona comunicaciones eficientes de emergencia en casos de desastres naturales que descomponen las redes normales de telecomunicaciones.

Además de estas ventajas técnicas, la actividad de los radioaficionados contribuye a la educación del carácter, que puede traducirse en un compromiso moral de primera importancia, sobre todo en los nuevas generaciones. Para nuestros jóvenes, confundidos en este mundo que a ellos les puede parecer hostil y privado de ideales para poder modelar su propia existencia, el ser radioaficionados les ofrece una perspectiva que ayuda a comprender el valor de la vida, del trabajo, de la búsqueda y de la solidaridad; o sea de unos valores reales de los que no se duda jamás.

## 2.9 LOS RADIOAFICIONADOS, PIONEROS DEL PROGRESO

Monsieur Mili, Secretario General de la ITU, con ocasión del cincuentenario de la primera comunicación bilateral en ondas cortas efectuadas por los radioaficionados en 1923, dijo: «Gracias a los radioaficionados, las comunicaciones transatlánticas HF en 1973 celebran hoy su cincuentenario».

En los años 1921/22 en los Estados Unidos, la ARRL organizaba una serie de experimentos de escucha transatlánticas. En aquella ocasión fue enviado a Europa un aficionado con una extraña experiencia, Paul Godley, poseedor de los mejores receptores de aquellos tiempos y de una antena especial proyectada por otro aficionado, H. Beverage.

Paul Godley, instalado en las colinas de Escocia de Ardrossan Moor, delante del Océano, en Diciembre de 1921 había logrado recibir numerosas emisoras de aficionados americanos localizados alrededor de los 200 metros de longitud de onda.

En aquellos tiempos la subdivisión de las bandas de frecuencias adoptadas en una Conferencia preparatoria de Washington era muy simple.

| | |
|---|---|
| — Ondas mayores 300 m ..... | comunicaciones comerciales transoceánicas. |
| — Ondas comprendidas entre 3300 y 600 m ..... | comunicaciones continentales. |
| — Ondas comprendidas entre 3300 y 2650 m ..... | comunicaciones entre barcos y marítimas. |
| — Ondas comprendidas entre 2650 y 2050 m ..... | radiodifusión. |
| — Ondas de 1150 m ..... | servicios aeronáuticos. |
| — Ondas comprendidas entre 285 y 275 m ..... | policía. |
| — Ondas menores a los 275 m .... | radioaficionados. |

Obsérvese cómo la gran porción de espectro inferior a 275 metros fue otorgada en bloque a los radioaficionados; la causa de esta «generosa» concesión es simple, los profesionales de las radiocomunicaciones estaban convencidos de que estas ondas no eran de utilidad en cuanto a que «no eran idóneas para las comunicaciones a cierta distancia» (más allá del horizonte).

Los resultados de las pruebas en los años 1923/24 mostraron lo contrario, y en la noche memorable del 28 de noviembre de 1923 (27 de noviembre en USA) sobrevino «el milagro». El aficionado francés Leon Deloy (8AB) de Niza conseguía una excelente comunicación bilateral, en la onda de 110 m, con Fred Schenll (W1MO) que retransmitía desde Hartford en los Estados Unidos.

## 2.10 EL INICIO DE UNA ERA EPICA EN LAS COMUNICACIONES DE LOS RADIOAFICIONADOS

Durante una serie de pruebas sobre la propagación, el 22 de Diciembre de 1923 y el 10 de Enero de 1924, 96 aficionados estadounidenses escucharon 20 británicos, 14 franceses y 6 holandeses.

En el 1924, el mismo Leon Deloy tuvo una comunicación

bilateral con las antípodas, comunicando con el neozelándes Smith en las ondas de 91 y 86 m.

Estos hechos marcaron el inicio de una época de las comunicaciones intercontinentales, pero era más difícil comunicar sobre la Tierra que a través de océanos. La primacía de la más larga comunicación a través de un continente perteneció a Fedor Lbov (R1FL) de Nijni-Novgorod que realizó una comunicación bilateral con una emisora de aficionado que transmitía desde Mesopotamia.

Treinta años más tarde, los radioaficionados de todo el mundo fueron protagonistas de otro suceso escuchando las primeras señales del satélite soviético «Sputnik» lanzado al espacio el 4 de octubre de 1957. En aquella ocasión ellos hicieron las primeras observaciones interesantes sobre la propagación entre el espacio y la tierra.

Hoy, casi un millón de radioaficionados prestan sus servicios voluntarios en todo el mundo, preparados en toda ocasión a servir a la ciencia y a la humanidad.

Es justo citar uno de los más recientes ejemplos de esta actividad; unos excepcionales eventos solares tuvieron lugar en los primeros días de agosto de 1972, la URSI (International Union of Radio Science) declaró el período 26 de julio-14 Agosto de 1972 como un período de excepción: «Retrospective World Interval».

La International Amateur Radio Club (que se encuentra en la ITU de Ginebra) aprovechó aquella oportunidad para invitar a los aficionados de todo el mundo a enviar sus observaciones, para compararlos con los estudios de la OPR (Organization Propagation Research).

La invitación fue bien acogida y unos 2000 aficionados de 23 países enviaron más de 5000 resultados con sus observaciones; la LARC dio cuentas de los resultados y se extrajeron importantes conclusiones sobre el experimento en gran escala.

El Secretario General de la ITU agradeció a todos los participantes su gran labor en esta noble competición y les animó para que siempre presten su eficaz colaboración que rinde grandes servicios al progreso de la ciencia y de la humanidad.

## 2.11 LAS RAZONES DE SER DE UN RADIOAFICIONADO

La manera de iniciarse como radioaficionado depende de variados acontecimientos. El contagio transmitido por un amigo, la lectura de un libro o de una revista técnica, el descubrimiento casual de una transmisión extraña captada con un receptor de radio en casa, por afición a la electrónica, son las formas más comunes por las cuales se «contagia» dicho entusiasmo.

Pero como pasa con muchas enfermedades, si la curación no es completa, es frecuente conseguir una inmunidad parcial que provoca después de un ataque agudo, una larga y lenta convalecencia.

Así pues, ¿cómo se hace uno y por qué se queda radioaficionado? ¿Cómo y por qué son pocos los radioaficionados que quedan como tal?

El problema tiene diversas soluciones, positivas y negativas. Muchos abandonan la radioafición porque después de uno o dos años de intensa actividad sobreviene el cansancio y, algunas veces, hasta una «radio-alergia».

Algunas veces son causas externas la que alejan a los radioaficionados de su afición: el trabajo, los estudios, el matrimonio, etc.

El enemigo más grande de la radioafición es la radiotecnia profesional, no desde luego en cuanto a técnica, sino en cuanto a profesión.

Muchos conocemos decenas de óptimos radioaficionados que han abandonado la radioafición cuando la radio se ha vuelto para ellos el «pan de cada día».

Este fenómeno de «profesionalización» de los aficionados es muy grave porque acaba por debilitar la afición.

# fundamentos básicos de electricidad y electrónica

3

*Lluís Solanes i Torm*

## 3.1 INTRODUCCION

Son muchos los radioaficionados que sienten el deseo y también, por qué no decirlo, la necesidad de comunicarse con sus colegas bien sea para contarles las innovaciones técnicas que han realizado en su equipo, pedir consejos para mejorarlo o poder auxiliar a otros que se encuentran en grandes apuros. Sirva de ejemplo la ocurrencia de una catástrofe (terremoto, inundación, etc.) en un país.

Podrían contarse por cientos los radioaficionados que han prestado un gran servicio a ciertas comunidades pidiendo a otras naciones medicinas o alimentos para las personas afectadas. La radioafición es también un medio adecuado para ampliar el círculo de amistades tanto a nivel local, nacional como internacional.

No obstante, el radioaficionado se enfrenta con una serie de problemas que debe saber resolver. Estos son de índole eléctrica y electrónica y se presentan en el equipo que se está manipulando.

Este capítulo pretende estimular al radioaficionado a conocer los principios básicos de construcción de dichos componentes y la función que realizan para que así pueda hacer un mejor y más concienzudo uso de sus equipos.

## 3.2 ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Se dice que está compuesta fundamentalmente por la unión de muchos trozos pequeñísimos, de unos cuerpos —todos iguales entre sí— denominados *moléculas*. Ahora bien, las moléculas están formadas por millones de *átomos* que, a su vez, tienen *protones, neutrones* y *electrones*.

### 3.2.1 La molécula y el átomo

La molécula es la unidad más pequeña de materia que se puede obtener por medios físicos.

Para aclarar este concepto imaginemos que por fragmentaciones sucesivas de una gota de agua llegásemos a obtener una gotita submicroscópica que, si la dividiésemos, dejaría de ser agua. Esta última gota, aún no dividida, sería la molécula.

Si dividiésemos la molécula por medios químicos quedaría descompuesta en nuevos corpúsculos, denominados átomos, a su vez escindibles en partículas. En nuestro ejemplo, la molécula de agua se descompone en dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

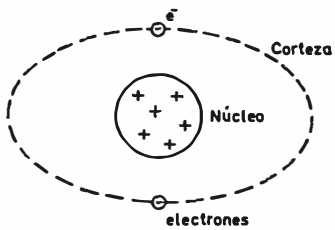



Figura 3.1 Estructura de un átomo. La línea de puntos indica la órbita de los electrones.

### 3.2.2 Estructura de los átomos

El átomo está constituido por partículas asociadas en dos partes: el *núcleo* y la *corteza*.

Las partículas de la corteza giran alrededor del núcleo describiendo órbitas. Estas partículas se denominan *electrones*, son *eléctricamente negativas* y prácticamente carecen de masa. Se simbolizan por $e^-$.

En el núcleo se encuentran principalmente los *protones* y los *neutrones*. Los protones son eléctricamente positivos y tienen masa. Se les simboliza por $P^+$.

Los neutrones son partículas formadas por la unión de un protón (carga positiva) y un electrón (carga negativa); carecen de carga eléctrica pero en cambio poseen masa. Se simbolizan por N.

Si no están sometidos a fuerzas externas, los átomos tienen la misma cantidad de cargas positivas (protones) en el núcleo que de cargas negativas en la corteza (electrones) por lo que se puede decir que están en estado neutro.

### 3.2.3 Ionización de los átomos (electrización)

Si por un procedimiento cualquiera se consigue romper el equilibrio antes mencionado, es decir, si a un átomo en estado neutro le extraemos un electrón de su corteza, el átomo quedará cargado positivamente. Un átomo cargado positivamente se denomina *ion positivo*.

También se podría conseguir un *ion negativo*. Para ello bastaría sustraerle un protón al núcleo o introducirle un electrón en la corteza.

En ambos casos el resultado sería el mismo: en la corteza habría un electrón más que en el núcleo.

Este fenómeno de ionización se puede producir fácilmente por el mero hecho de coger un trozo de resina, ebonita o lacre y frotarlo con un trapo de lana. En este caso, la resina absorberá algunos electrones de los átomos que componen la lana y, por tanto, quedará *cargada negativamente* por tener exceso de electrones, mientras que la lana por perder dichos electrones quedará cargada *positivamente*.

Pues bien, a este efecto también se le da el nombre de

*electrización* y los cuerpos que la adquieren se dice que se encuentran *electrizados*.

Cuando dos cuerpos se frotan entre sí, ambos quedan electrizados: uno de ellos con *carga positiva* y el otro con *carga negativa*.

## 3.3 CONDUCTORES, AISLANTES Y SEMICONDUCTORES

El carácter conductor o no conductor de un cuerpo viene determinado por unas fuerzas, llamadas de cohesión, existentes entre el núcleo y la corteza de un átomo; esto es debido a la atracción que existe entre las cargas positivas del núcleo y las negativas de la corteza. Es fácil comprender que, si un electrón de la corteza se halla lejos del núcleo, la fuerza de atracción de una carga positiva del núcleo sobre él será débil y, por tanto, puede salirse fácilmente de su órbita quedando libre.

### 3.3.1 Conductores

En general son buenos conductores eléctricos los metales porque muchos de los electrones de sus átomos se desprenden con gran facilidad y disponen de una gran movilidad.

### 3.3.2 Aislantes

Se dice que una sustancia es mala conductora de la corriente cuando los átomos de la misma retienen fuertemente los electrones, impidiendo su desplazamiento.

### 3.3.3 Semiconductores

Una sustancia es semiconductora cuando los átomos de la misma retienen los electrones de la corteza pero quedan algunos que tienen cierta movilidad.

### 3.3.4 Conductividad

Los electrones más alejados del núcleo de un átomo lo abandonan con facilidad siempre que exista una fuerza exterior que provoque este efecto, siendo reemplazados inmediatamente por otros. Este intecambio de electrones es lo que produce la corriente eléctrica en el conductor.

A la mayor o menor facilidad con que estos electrones abandonan la carga exterior se denomina *grado de conductividad*.

## 3.4 ¿QUE ES LA CORRIENTE ELECTRICA?

Se da el nombre de corriente eléctrica al desplazamiento de cargas eléctricas a lo largo de un conductor y se debe a la tendencia que todos los cuerpos tienen a permanecer eléctricamente neutros.

Un cuerpo, cuyos átomos están electrizados negativamente, tiende a ceder su exceso de electrones, mientras que otro cuerpo, cuyos átomos están electrizados positivamente, tomará electrones de otros átomos que los tengan en exceso para que ambos queden en estado neutro.

### 3.4.1 Sentido de la corriente eléctrica

Antiguamente se adoptó un sentido arbitrario de la corriente y fue del polo o borne positivo al negativo. Actualmente se ha demostrado que el sentido real del flujo de electrones es del polo negativo al positivo y a este flujo se le ha denominado *corriente electrónica*, que no es sino la corriente eléctrica concebida con signo contrario al que se asignó a ésta cuando no se conocía su naturaleza.

Nosotros, como una gran parte de publicaciones, tomaremos siempre el sentido de la corriente eléctrica (del positivo al negativo).

## 3.5 FORMAS DE PRODUCCION DE LA ELECTRICIDAD

Existen seis fuentes básicas de energía utilizadas en la producción de electricidad.

— Frotamiento.
— Presión.
— Luz.
— Calor.
— Acción química.
— Magnetismo.

### 3.5.1 Frotamiento

Este procedimiento ya se ha mencionado en el apartado 3.2.3.

### 3.5.2 Presión

Los cristales de ciertos materiales producen electricidad si se aplica entre sus caras una cierta presión. El cuarzo es el material más adecuado para esta forma de producir electricidad.

Este sistema se utiliza en aplicaciones de muy poca potencia, normalmente en micrófonos de cristal y en cápsulas fonocaptoras en algunos tocadiscos.

### 3.5.3 Luz (células fotovoltaicas)

La célula fotovoltaica se obtiene a partir de un disco de silicio aleado con boro. A continuación se difunde fósforo en una de las superficies del disco. El contacto con la cara

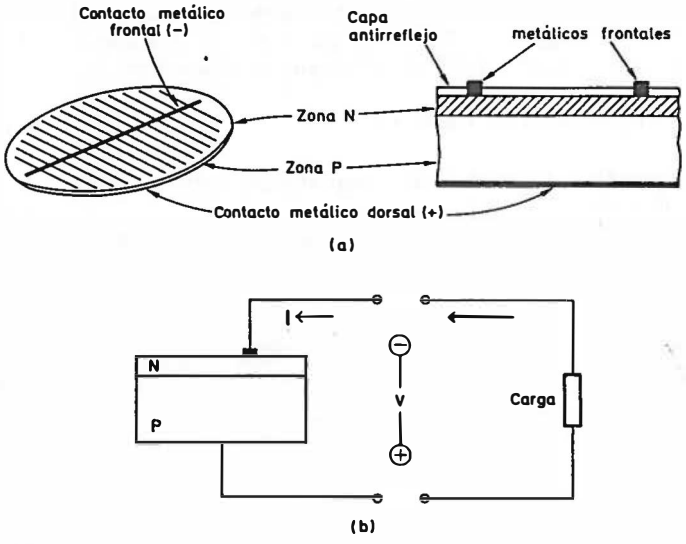



Figura 3.2 *a*) Representación esquemática de una célula solar fotovoltaica; *b*) Tensión y sentido de la corriente por el exterior de la célula solar.

superior del disco se efectúa mediante una malla de metal y toda la superficie está recubierta con una película de material transparente que permite el paso de la luz. La otra cara del disco se metaliza totalmente y proporciona un segundo contacto. La figura 3.2 representa esquemáticamente la construcción de una *célula solar fotovoltaica*.

Al incidir un haz de luz sobre la rejilla metálica, aparece una carga eléctrica entre los dos contactos superior e inferior.

La asociación de varias de estas células constituye un panel solar; proporciona una corriente eléctrica tal que, si el diseño es el adecuado, puede alimentar a un equipo de radioaficionado.

### 3.5.4 Calor

Calentando la unión de dos metales distintos aparece en dicha unión una corriente eléctrica. En este caso transformamos el calor en corriente eléctrica.

La cantidad de electricidad producida depende de la diferencia de temperatura entre la unión y los extremos opuestos de ambos metales. La corriente generada por este procedimiento es muy débil.

A este tipo de unión se le denomina *termopar*. Generalmente se utilizan para medir temperaturas.

### 3.5.5 Acción química

Las fuentes básicas de producción de electricidad por acción química son la *pila* eléctrica y los *acumuladores*.

Partes fundamentales que componen una pila, batería o acumulador son:

— Recipiente o envoltura.
— Electrodos.
— Electrólito.

Generalmente, el recipiente contiene una solución de ácido sulfúrico y agua a la que se denomina *electrólito*. En éste se hallan sumergidas dos placas, una de cinc y otra de carbón, ambas separadas entre sí. Se las denomina *electrodos* y pueden ser también de otros materiales (figura 3.3).

Sustituyendo el líquido del electrólito por una pasta impregnada del mismo, se da origen a la llamada pila seca eléctrica (figura 3.4).

La acción química que se realiza entre el electrólito y los electrodos produce desprendimiento de electrones en uno de ellos y una acumulación de los mismos en el otro.

El electrodo con exceso de electrones recibe el nombre de *negativo* y el que tiene falta de ellos *positivo*.

Si unimos los dos electrodos por un conductor, los electrones en exceso existentes en uno de ellos irán, a través del mencionado conductor, a compensar la falta de los mismos del otro, tendiendo a neutralizarlos. De esta forma se ha producido una corriente eléctrica, que depende de las dimensiones de los electrodos, de la distancia que los separa y del tipo de electrólito.

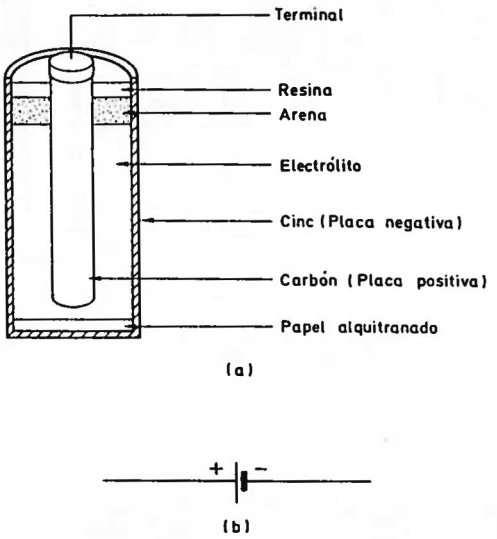



Figura 3.4 *a*) Pila. *b*) Símbolo de la misma. El polo negativo es más grueso y pequeño que el positivo.

### 3.5.6 Magnetismo

El procedimiento magnético es el más comúnmente utilizado para la obtención de la corriente eléctrica industrial.

Las máquinas productoras de electricidad por magnetismo más importantes son el *alternador* y la *dinamo*. Ambas serán motivo de estudio más adelante.

## 3.6 CIRCUITO ELECTRICO: COMPONENTES Y PARAMETROS

Al camino recorrido por una carga eléctrica que, partiendo del polo positivo de una pila llega al polo negativo de la misma, se le denomina *circuito eléctrico* (figura 3.5).

Un circuito puede estar *abierto* o *cerrado;* está abierto cuando hay una interrupción en uno cualquiera de sus puntos. Cuando no exista interrupción en ninguno de ellos, el circuito estará cerrado. El elemento más comúnmente utilizado para abrir o cerrar un circuito eléctrico es el interruptor.

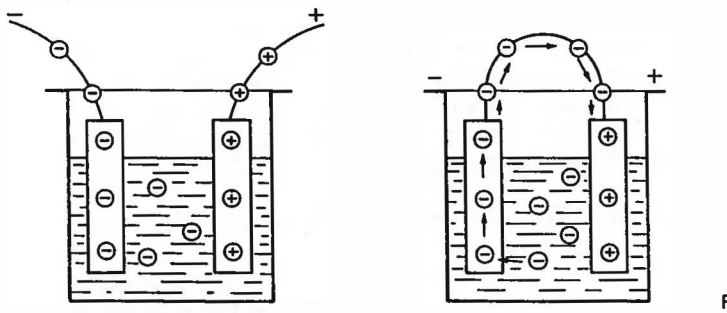



Figura 3.3 Un acumulador está formado por un recipiente que contiene un líquido (electrólito) y dos electrodos sumergidos en él.

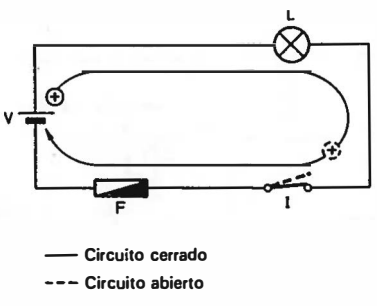



Figura 3.5 Circuito eléctrico básico. Se dice que está cerrado cuando por él se establece una corriente eléctrica. Contiene un generador (V), un fusible (F), un interruptor (I) y una lámpara (L).

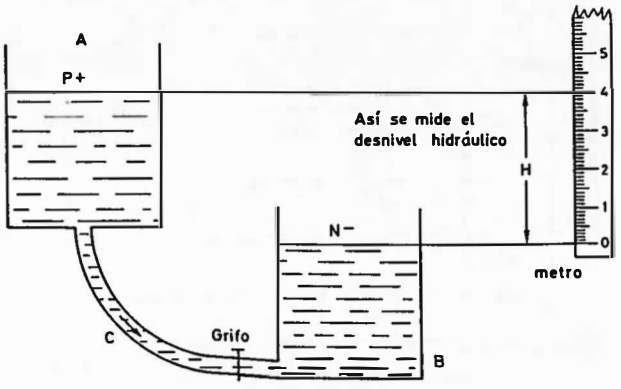



Figura 3.6 Circuito hidráulico. Forma de medir su desnivel.

| *Prefijo* | *Símbolo* | *Factor* |
|---|---|---|
| tera | T | $10^{12}$ |
| giga | G | $10^{9}$ |
| mega | M | $10^{6}$ |
| miria | ma | $10^{4}$ |
| kilo | k | $10^{3}$ |
| hecto | h | $10^{2}$ |
| deca | da | 10 |
| deci | d | $10^{-1}$ |
| centi | c | $10^{-2}$ |
| mili | m | $10^{-3}$ |
| micro | $\mu$ | $10^{-6}$ |
| nano | n | $10^{-9}$ |
| pico | p | $10^{-12}$ |
| femto | f | $10^{-15}$ |
| atto | a | $10^{-18}$ |

Tabla 3.1 Prefijos más importantes en el sistema decimal.

### 3.6.1 Tensión eléctrica

Hasta ahora nos hemos referido a la electricidad hablando de ella de una forma muy generalizada. Hemos dicho que la electricidad circula por los conductores, pero vamos a ver por qué circula. Para comprenderlo mejor haremos la comparación entre el circuito eléctrico y el hidráulico (figura 3.6).

Sean dos recipientes A y B unidos por un conductor C y supongamos que en esos recipientes existe un desnivel H entre las superficies libres del agua contenida en cada uno de ellos. En estas condiciones, circulará una corriente de agua por el tubo C desde el recipiente A de nivel más alto al B de nivel más bajo. El agua se mantendrá circulando hasta que el nivel sea igual en los dos recipientes.

Por similitud con el circuito hidráulico, se da el nombre de *nivel eléctrico* a la cantidad de electrones libres que tienen sus átomos. Por consiguiente, entre dos puntos de distinto nivel eléctrico (figura 3.7), se dice que existe una diferencia de nivel eléctrico. Si ésta se encuentra entre dos puntos cualesquiera del circuito, recibe el nombre de *tensión eléctrica* o diferencia de potencial, que abreviadamente se escribe d.d.p.

La unidad de tensión eléctrica es el *voltio* y lo simbolizamos por la letra *V*.

Un múltiplo de la unidad de tensión es el *kilovoltio* y se escribe kV. La k significa mil y por tanto 1 kV es igual a 1.000 V.

Un submúltiplo de la unidad es el *milivoltio* (mV). La m equivale a una milésima y por tanto 1 mV es igual a 0,001 V.

En la tabla 3.1 se dan los múltiplos y submúltiplos más usuales.

Para medir la tensión eléctrica se utiliza un instrumento denominado *voltímetro*, cuyo símbolo es una circunferencia con la letra V en su interior y, en su caso, acompañada del múltiplo k o el submúltiplo m.

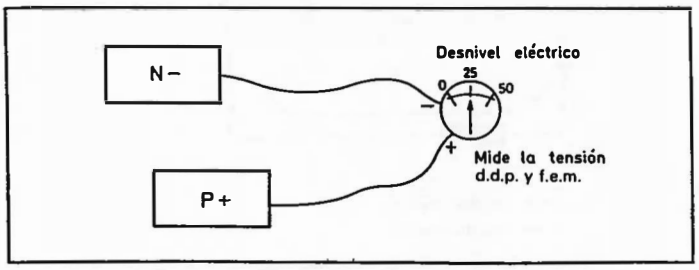



Figura 3.7 Circuito eléctrico. Forma de medir el desnivel eléctrico (d.d.p.)

El voltímetro se conecta siempre en paralelo, es decir, los dos bornes de que dispone deben ser unidos eléctricamente a los dos puntos A y B entre los cuales queremos medir la tensión o diferencia de potencial.

### 3.6.2 Fuerza electromotriz

En el circuito hidráulico de la figura 3.6, si quisiéramos mantener constante el desnivel H entre las superficies del agua contenida en las vasijas A y B, sería necesario disponer de una bomba que elevara la misma cantidad de agua de B a A, que la que pasa por la tubería de A a B. En estas condiciones, mantendríamos el agua en constante circulación.

Pues bien, si se desea mantener una circulación continua de electricidad en un circuito eléctrico, deberá disponerse en el mismo de un generador de cargas eléctricas (por ejemplo, una pila), la cual hará la función equivalente a la bomba centrífuga en el circuito hidráulico. La causa que mantiene en constante movimiento a las cargas eléctricas en un circuito, se denomina *fuerza electromotriz*; normalmente se simplifica con las siglas f.e.m.

La fuerza electromotriz, al igual que la tensión eléctrica, se mide en voltios.

La tensión eléctrica y la fuerza electromotriz son de la misma naturaleza; se distinguen entre sí porque la primera es la diferencia de potencial que hay entre dos puntos cualesquiera de un circuito y la segunda es la tensión que se produce dentro del generador.

### 3.6.3 Cantidad de electricidad

Recibe el nombre de *cantidad de electricidad* el número total de electrones que pasan por un conductor que une dos puntos que se encuentran a distinto nivel eléctrico.

Siendo la carga de un electrón muy pequeña, si tomáramos el símbolo de éste para representar la cantidad de electricidad, necesitaríamos números con muchas cifras; por esto, se ha tomado como unidad el *culombio*. Este equivale a $6{,}28 \cdot 10^{18}$ electrones, esto es: 628 seguido de quince ceros.

Al culombio se le representa por la letra *C*.

### 3.6.4 Intensidad de corriente eléctrica

Al igual que una corriente de agua puede ser expresada, por ejemplo, en litros por segundo, la intensidad de corriente eléctrica es la cantidad de electricidad que pasa por un

conductor en la unidad de tiempo; siendo la unidad de tiempo el *segundo* (s).

La unidad de intensidad es el *amperio* y se representa por la letra *A*.

Un amperio es la intensidad de una corriente eléctrica que transporta un culombio en un segundo.

En electrónica a menudo el amperio resulta demasiado grande y entonces se emplean dos submúltiplos, que son: el *miliamperio* (mA) y el *microamperio* ($\mu$A) que son respectivamente la milésima y la millonésima del amperio.

$$1\ A = 1.000\ mA = 1.000.000\ \mu A$$

También se puede escribir:

$$1\ mA = \frac{1}{1.000} = 0{,}001\ A$$

$$1\ \mu A = \frac{1}{1.000.000} = 0{,}000001\ A$$

Para medir la intensidad de corriente eléctrica se utiliza un instrumento llamado *amperímetro*. Según sean los valores que se quieran medir utilizaremos el *miliamperímetro* o el *microamperímetro.*

El amperímetro se conecta *siempre en serie* con el punto en donde se quiera efectuar la lectura de intensidad. En la figura 3.8 se puede observar esquemáticamente la conexión de un amperímetro y su representación.

La intensidad de corriente eléctrica y la cantidad de electricidad se relacionan de la siguiente forma:

$$Q = I \cdot t$$

Siendo *I* la intensidad expresada en *amperios* y *t* el tiempo expresado en *segundos*, la cantidad de electricidad *Q* vendrá expresada en *culombios*.

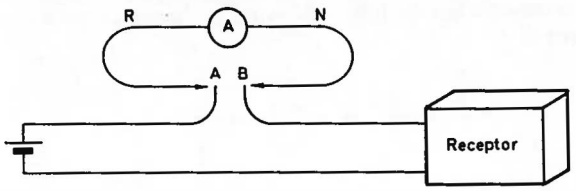



Figura 3.8 Representación de un amperímetro y forma esquemática de conectarlo a un circuito

### 3.6.5 Resistencia eléctrica

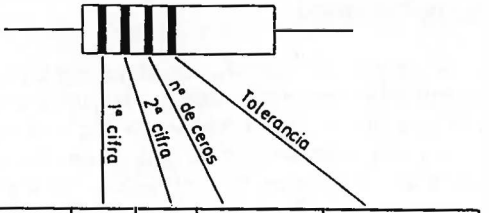
Debido a la distinta estructura atómica de los diversos materiales, los electrones encuentran más o menos dificultad en desplazarse; a la dificultad que ofrece un cuerpo al paso de la corriente eléctrica se le denomina *resistencia eléctrica.*

En los *conductores* ya hemos visto que abundan los electrones libres que, al ser atraídos por un potencial eléctrico positivo, se desplazan en grandes cantidades; por consiguiente, su *resistencia* será *baja*.

Por el contrario, en un *aislante*, donde son muy escasos o nulos los electrones libres, para un mismo potencial eléctrico positivo es muy reducido el número de electrones que se desplazan; por consiguiente su resistencia será *elevada*.

La unidad de resistencia eléctrica es el *ohmio* y su símbolo es la letra griega omega minúscula ($\Omega$).

Muchas veces, en la práctica, esta unidad resulta demasiado pequeña y se emplean dos múltiplos de la misma:




| Código de colores | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Plata | | | 0,01 | ±10 % |
| | Oro | | | 0,1 | ± 5 % |
| | Negro | 0 | 0 | 1 | |
| | Marrón | 1 | 1 | 10 | ± 1 % |
| | Rojo | 2 | 2 | 100 | ± 2 % |
| | Naranja | 3 | 3 | 1000 | |
| | Amarillo | 4 | 4 | 10000 | |
| | Verde | 5 | 5 | 100000 | |
| | Azul | 6 | 6 | 1000000 | |
| | Violeta | 7 | 7 | | |
| | Gris | 8 | 8 | | |
| | Blanco | 9 | 9 | | |
| | Ninguno | – | – | | ±20 % |

Tabla 3.2 Código de colores de resistencias lineales e interpretación del mismo.

kilohmio (k$\Omega$) equivalente a 1.000 ohmios y el megohmio (M$\Omega$), que es igual a un millón de ohmios.

Para medir resistencias se emplea un instrumento llamado *óhmetro*. Se conecta en paralelo con la resistencia a medir y siempre estando el circuito *sin tensión* y con uno de sus extremos desconectado del mismo.

Para indicar el valor óhmico en las resistencias, existe un código de colores que utilizan todos los fabricantes.

Aunque existen algunas variantes pequeñas, la constitución principal de este código es la asignación de un valor numérico a cada color y de la forma que lo indica la tabla 3.2.

*Ejemplo:*

Una resistencia tiene los siguientes colores: marrón, negro, rojo y plata. ¿De qué valor es y en qué márgenes puede variar?

*Resultado:*

| marrón | negro | rojo | plateado |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 00 | ±10 % |

$$R = 1.000\ \text{ohmios} \pm 10\,\% = \begin{cases} 1.100\,\Omega \\ 990\,\Omega \end{cases}$$

Resulta finalmente que el valor de resistencia es 1.000 ohmios, pero que puede variar entre valores comprendidos entre 1.100 y 900 ohmios.

En un circuito, una resistencia se representa con los símbolos indicados en la figura 3.9.

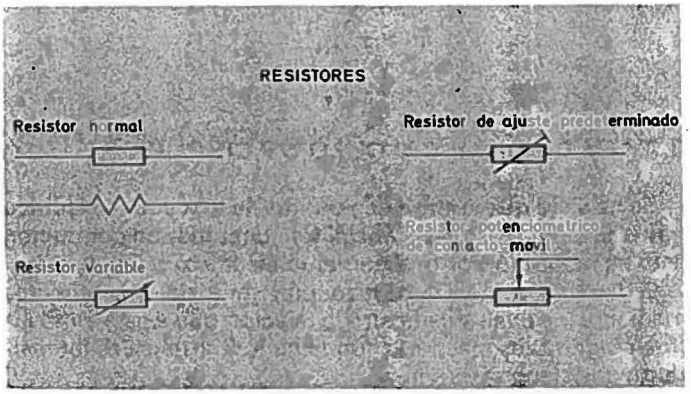



Figura 3.9 Distintas formas de representar una resistencia según sea fija, variable o ajustable

### 3.6.6 Resistividad

La resistencia de un conductor depende de su longitud, de la sección y del *material o sustancia que la compone*.

Se define, pues, como *resistividad* la resistencia característica de cada sustancia. Al valor de la resistencia característica se llama *coeficiente de resistividad*; se representa por la letra griega rho ($\rho$). Este coeficiente es el resultado de medir la resistencia de un conductor de esa sustancia, de un metro de longitud y un milímetro cuadrado de sección.

Resulta obvio que, cuanto más largo es un conductor, más resistencia ofrece al paso de la corriente eléctrica; quiere ello decir que la resistencia es directamente proporcional a la longitud del conductor.

Cuanta más sección tiene un conductor, menos resistencia ofrece al paso de la corriente; la resistencia es inversamente proporcional a la sección del conductor.

La resistencia de un conductor viene dada por la fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

en la que la $R$ vendrá expresada en ohmios, si la longitud $l$ está en metros, la sección del conductor en milímetros cuadrados ($mm^2$) y $\rho$ en ohmios $\times$ $mm^2/m$.

*Ejemplo:*

Calcular la resistencia de un conductor eléctrico de cobre (Cu), de 2 km de longitud y 2 $mm^2$ de sección.

La resistividad del cobre es 0,017 ohmios por $mm^2$ y metro de longitud

Sustituyendo valores en la fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{0{,}017 \cdot 2.000}{2} = 17 \text{ ohmios}$$

### 3.6.7 Conductancia

De la misma forma que en un circuito podemos medir la dificultad al paso de la corriente eléctrica, también se puede medir la mayor o menor facilidad que encuentra para establecerse dicha corriente. A esta facilidad se le da el nombre de *conductancia* y es la magnitud inversa de la resistencia; se representa por una $G$ (mayúscula).

La unidad práctica de la conductancia es el *siemens*, representado por una $S$ (mayúscula). En algunas ocasiones también se le denomina *mho*, por ser la inversión de Ohm.

Siendo la inversa de un número la unidad dividida por ese número, el valor de una resistencia expresada en siemens será:

$$G = \frac{1}{R}$$

## 3.7 LEY DE OHM: CALCULO DE CIRCUITOS

Se ha visto que si entre dos puntos de un circuito eléctrico hay una diferencia de potencial y se unen por un conductor, éste es recorrido por una corriente eléctrica.

El famoso físico Ohm, hizo una serie de experimentos mediante los cuales demostró la relación que existe entre las tres magnitudes eléctricas fundamentales: tensión, intensidad y resistencia.

Tras los experimentos, Ohm pudo enunciar la ley que lleva su nombre de la siguiente manera:

«La intensidad de corriente que circula por un circuito es directamente proporcional a la tensión aplicada a sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia del mismo».

Esta ley se expresa de la siguiente forma:

$$I = \frac{V}{R}$$

Esta fórmula también puede expresarse de estas otras dos formas:

$$V = I \cdot R \qquad R = \frac{V}{I}$$

En cualquier circuito eléctrico donde se conozcan dos de estas magnitudes se puede averiguar fácilmente el valor de la tercera.

*Ejemplos:*

1) Se conecta una resistencia de 100 ohmios a una batería de 90 V. ¿Cuál es la intensidad de corriente?

Aplicando la fórmula:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{90\,V}{100\,\Omega} = 0{,}9\ A$$

2) Por un circuito circula una corriente de 10 mA a través de una resistencia de 200 ohmios ¿Cuál es la tensión aplicada?

$$V = I \cdot R \quad V = \left(\frac{10}{1.000}\right) A \cdot 200\ \Omega = \frac{2.000}{1.000} = 2\ V$$

3) A una pila cuya f.e.m. es de 1,5 V, se conecta el filamento de una válvula de radio. En serie con el filamento se intercala un miliamperímetro y observamos que indica el paso de una intensidad de 100 mA. ¿Cuál es la resistencia de este filamento?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1{,}5\,V}{0{,}1\,A} = 15 \text{ ohmios}$$

### 3.7.1 Circuito serie

Si en un circuito eléctrico conectamos unas cuantas resistencias de modo que el final de la primera esté conectado al principio de la segunda, el final de ésta al principio de la tercera y así sucesivamente, se dice que estas resistencias se hallan conectadas en serie (figura 3.10).

La resistencia total de un circuito formado por varias resistencias en serie es igual a la suma de los valores de estas resistencias

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$

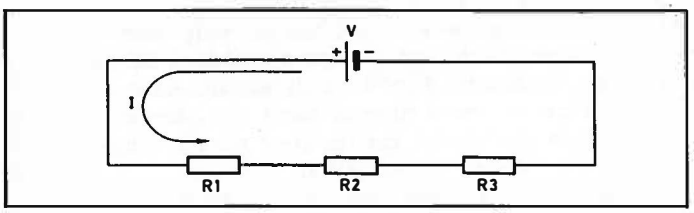



Figura 3.10 Circuito con tres resistencias en serie.

La intensidad de corriente tiene un valor constante a lo largo de todo el circuito, es decir, por todas las resistencias pasa la misma intensidad

$$I = \frac{V}{R_1+R_2+R_3+...} = \frac{V}{R_t}$$

### 3.7.2 Caídas de tensión

Si en el circuito de la figura 3.11, conectamos un voltímetro en paralelo con cada resistencia que compone el circuito serie, se observará que la tensión indicada por cada uno de ellos es distinta, si son distintas las resistencias.

Comprobándolo según la ley de Ohm, cada voltímetro indicará una tensión que será igual al producto de la corriente que circula por cada una de ellas por el valor de cada resistencia, de forma que el voltímetro 1 marcará una tensión que será igual al producto de $R_1$ por $I$; el voltímetro 2 indicará el producto de $R_2$ por $I$ y el voltímetro 3 dará el producto de $R_3$ por $I$. Si además conectamos otro voltímetro que mida la tensión de la batería, se observa que la suma de las tensiones de $V_1$, $V_2$ y $V_3$ da la tensión total aplicada al circuito. Todo queda expresado en la siguiente fórmula:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + ...$$

$$V_t = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I + ...$$

Resumiendo: La tensión total aplicada al conjunto de un circuito formado por varias resistencias en serie es igual a la suma de las tensiones parciales existentes entre los extremos de las resistencias componentes.

### 3.7.3 Circuito paralelo

Según se expuso anteriormente, al conectar una resistencia ($R_1$) a los bornes de una batería, se establece una corriente que es proporcional al valor de dicha resistencia y al valor de la tensión aplicada a ella. Conectemos ahora otra resistencia ($R_2$) a los bornes de la misma batería, tal como indica la figura 3.12. Por la resistencia $R_2$ también pasará una intensidad que será proporcional al valor óhmico de $R_2$ y a la tensión aplicada en sus extremos.

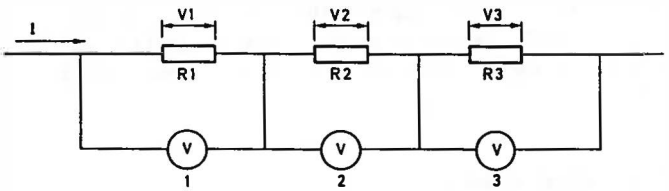



Figura 3.11 En una asociación de resistencias en serie, la caída de tensión en cada una de ellas es proporcional a su valor óhmico. La tensión total es igual a la suma de las tensiones parciales

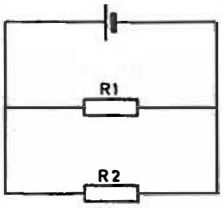



Figura 3.12 Asociación de dos resistencias en paralelo

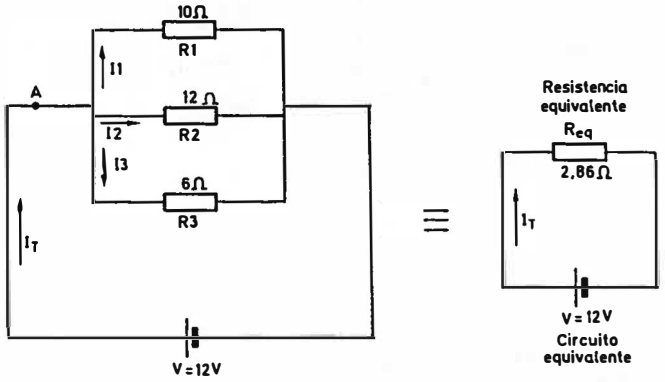



Figura 3.13 Resistencia equivalente a una asociación de tres resistencias en paralelo

Para comprender las distintas características de un circuito paralelo bastaría analizar uno sencillo.

En el circuito de la figura 3.13 las intensidades de las corrientes que pasarán por las distintas resistencias serán:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12\,V}{10\,\Omega} = 1{,}2\ A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12\,V}{12\,\Omega} = 1\ A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12\,V}{6\,\Omega} = 2\ A$$

De lo expuesto anteriormente se puede deducir que la corriente total (se sobreentiende intensidad de la misma) suministrada por la batería será la suma de las corrientes que pasarán por cada resistencia, es decir:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 1{,}2\ A + 1\ A + 2\ A = 4{,}2\ A$$

En cualquier circuito, la corriente total que pasa por él es siempre función de la tensión aplicada y de la resistencia total del mismo. Esto queda resumido por la siguiente fórmula:

$$I_t = \frac{V}{R_t}$$

Si conocemos la corriente total y la tensión aplicada podremos calcular $R_t$ despejando de la ecuación anterior, quedando:

$$R_t = \frac{V}{I_t}$$

Sustituyendo $I_t$ por su valor,

$$R_t = \frac{V}{I_1+I_2+I_3+...I_n}$$

$$R_t = \frac{V}{\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}+\frac{V}{R_3}+...\frac{V}{R_n}}$$

Si dividimos numerador y denominador de esta expresión por $V$ quedará:

$$R_t = \frac{\frac{V}{V}}{\frac{V}{VR_1}+\frac{V}{VR_2}+\frac{V}{VR_3}+\ldots+\frac{V}{VR_1}}$$

Por lo que la fórmula para calcular la $R_t$ es:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\ldots+\frac{1}{R_n}}$$

Es decir, la resistencia equivalente a varias resistencias en paralelo es igual a la inversa de la suma de las inversas de las distintas resistencias.

En el caso de que solamente sean dos las resistencias asociadas en paralelo, la resistencia total del circuito será:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{R_2+R_1}{R_1 \cdot R_2}}$$

$$R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2}$$

Es decir, el valor de la resistencia equivalente es igual al producto de ambas dividido por su suma.

### 3.7.4 Circuito mixto

En su concepción más sencilla, un circuito mixto es el formado por la asociación de una resistencia en serie con un grupo en paralelo (figura 3.14). No obstante, esta configuración puede complicarse bastante. A título de ejemplo puede verse la figura 3.15, cuyo cálculo obviamos por salirse del propósito de este libro.

## 3.8 POTENCIA ELECTRICA

La potencia se define como la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo.

La unidad de potencia eléctrica es el *vatio*. Se representa por la letra W (del inglés watt).

Un vatio es la potencia que corresponde a un circuito eléctrico que está sometido a la diferencia de potencial de un voltio y es recorrido por la corriente de un amperio:

$$1 \text{ vatio} = 1 \text{ voltio} \times 1 \text{ amperio}$$

En general, la potencia eléctrica ($P$) es igual al producto de la tensión ($V$) aplicada al circuito eléctrico por la intensidad ($I$) que pasa por el mismo:

$$P = V \cdot I$$

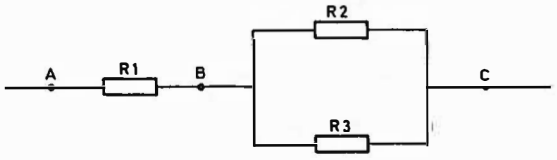



Figura 3.14 Circuito mixto, formado por la asociación de una resistencia en serie con un grupo en paralelo

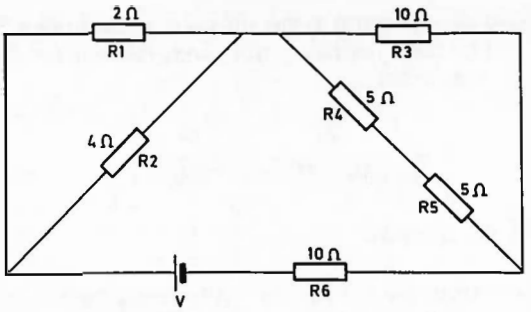



Figura 3.15 Ejemplo de un circuito mixto

La potencia vendrá expresada en *vatios* siempre que la tensión venga en voltios y la intensidad en amperios.

De esta fórmula se deducen dos expresiones nuevas:

$$V = \frac{P}{I} \; ; \; I = \frac{P}{V}$$

De la expresión genérica de la potencia, se pueden obtener dos nuevas fórmulas de la misma, al sustituir una vez la tensión ($V$) y otra la intensidad ($I$) relacionadas por la ley de Ohm

$$P = R \cdot I^2 \quad \text{y} \quad P = \frac{V^2}{R}$$

Con estas dos fórmulas se puede hallar la potencia de un receptor conociendo la resistencia y uno cualquiera de los valores de tensión o intensidad.

Como múltiplos del vatio se emplean el kilovatio (kW) y el megavatio (MW), que equivalen a mil y un millón de vatios respectivamente:

$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} = 1000 \text{ W}$
$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W} = 1.000.000 \text{ W}$

El submúltiplo más utilizado es el milivatio (mW) que es una milésima de vatio

$$1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W} = 0{,}001 \text{ W}$$

El instrumento utilizado para medir la potencia eléctrica es el vatímetro. Este aparato consta de dos circuitos: uno amperimétrico, que se conecta en serie, y otro voltimétrico conectado en paralelo, con respecto al circuito objeto de la medición.

## 3.9 CONDENSADORES

Para comprender el mecanismo que rige el funcionamiento de un condensador es necesario recordar algunos principios electrostáticos, así como una breve introducción al estudio de un campo eléctrico.

### 3.9.1 Campo eléctrico

Una carga puntual (figura 3.16) da lugar a una zona de influencia en sus proximidades de manera que cualquier otra partícula de carga próxima a ella sufre la acción de una fuerza.

La porción de espacio en la que son sensibles estos efectos, recibe el nombre de *campo eléctrico*.

Cuanto mayor es la carga, tanto más lejos se extiende el campo de la misma y, por tanto, mayor es el campo eléctrico.

Los efectos ejercidos por los cuerpos electrizados (fuerzas de atracción y repulsión, influencia electrostática, etc.), se propagan no sólo por el aire, sino también por toda clase de cuerpos aislantes, incluso por el vacío.

Se explican los efectos electrostáticos admitiendo la existencia en todo el campo eléctrico de unas líneas imaginarias que transmiten las fuerzas de atracción y repulsión. Esos «hilos» imaginarios reciben el nombre de *líneas de fuerza*, las cuales no tienen existencia física real, pero es necesario admitirla.

Las líneas de fuerza parten de las cargas positivas y se dirigen hacia las negativas. Estas líneas se representan como radios de una esfera que tienen por centro la carga (figura 3.16).

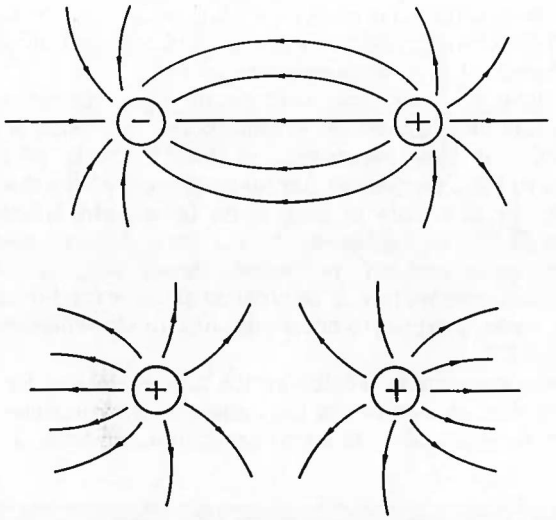


Figura 3.16 Campo eléctrico creado por una carga puntual. Por convenio las líneas de fuerza parten de la carga positiva y van a parar a la negativa

### 3.9.2 Influencia electrostática

Dispongamos una carga puntual (como las representadas en la figura 3.17) en el interior de un recipiente de material aislante sobre el que se ha depositado una capa conductora dentro del mismo y otra en el exterior.

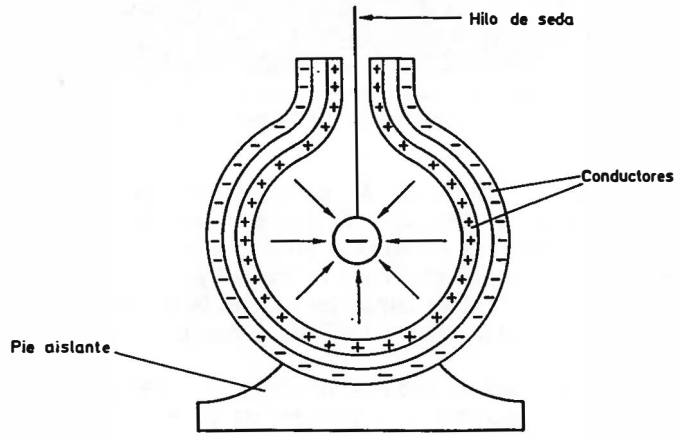



Figura 3.17 Una carga dentro de un recinto metálico aislado induce cargas sobre él.

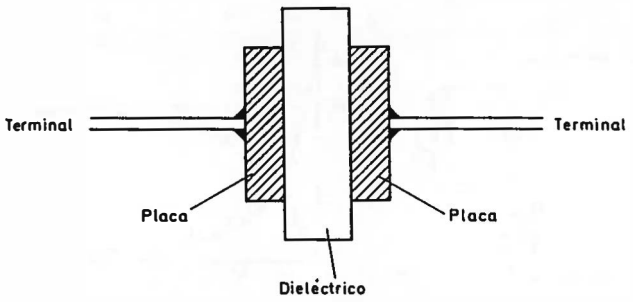



Figura 3.18 Fundamentalmente, un condensador está formado por dos placas separadas por un dieléctrico (aislante).

En estas condiciones, si el valor de la carga es suficiente para que la influencia de su campo eléctrico llegue a la pared interna del recipiente, inducirá en ésta una carga de igual valor y signo contrario repartida por toda la superficie.

Las líneas de campo de la carga han ocasionado la inducción de una superficie cargada positivamente y como el campo es capaz de propagar su influencia a través de zonas no conductoras, aparece en la zona exterior una carga negativa. Por este procedimiento, la parte conductora externa del recipiente queda con una carga del mismo signo que la introducida en él; pero para que esto suceda, no debe existir ningún contacto eléctrico entre las dos superficies conductoras o entre éstas y la carga puntual.

### 3.9.3 Aplicaciones de la inducción de cargas: El condensador

Una de las aplicaciones más interesantes de la inducción de cargas eléctricas la constituyen los condensadores.

Los condensadores son, después de las resistencias, los componentes más empleados en los circuitos electrónicos. Un condensador consiste en dos placas metálicas provistas de unos terminales para la conexión y separadas por un dieléctrico (aislante) que puede ser aire, papel, mica, etc. En la figura 3.18, se representa la configuración típica de un condensador.

### 3.9.4 Carga y descarga de un condensador

Estudiemos el comportamiento de un condensador conectado a una tensión continua variable.

Dispongamos en serie con las placas del condensador de la figura 3.19 un amperímetro, una pila y un interruptor. Al cerrar éste (S), una placa queda conectada al polo positivo de la pila y la otra al polo negativo. La placa conectada al

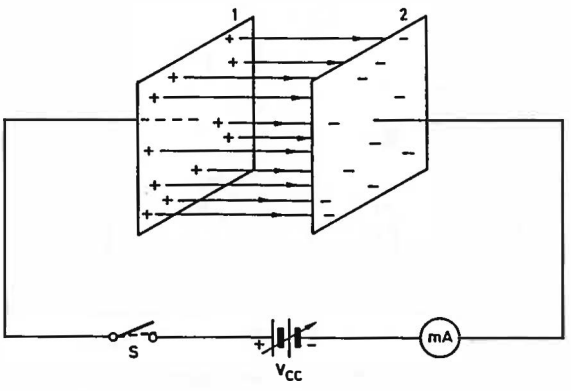



Figura 3.19 Proceso de carga de un condensador.

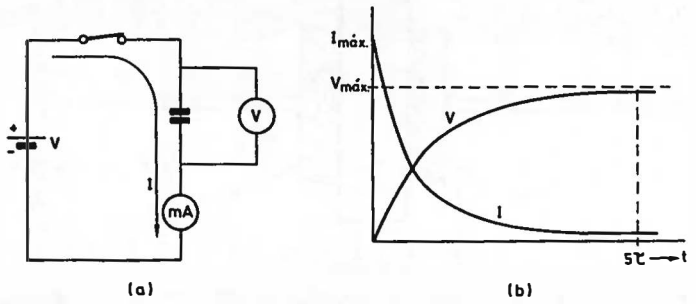



Figura 3.20 En el instante de cerrar el interruptor, la tensión en las placas del condensador es nula y la intensidad máxima. Al cabo de un cierto tiempo (5 $\tau$), el proceso es inverso.

polo positivo cede electrones a éste mientras que la otra recoge electrones del polo negativo. Durante el proceso circularán electrones por el amperímetro dando como resultado una pequeña corriente. El paso de corriente se interrumpiría cuando existiese un equilibrio entre la tensión adquirida por el condensador y la tensión aplicada en sus placas. Pero si ésta aumenta, se reanuda el paso de la corriente y, las placas adquirirán una mayor cantidad de carga. El proceso duraría hasta que entre las placas se llegase a alcanzar una diferencia de potencial igual a la aplicada (Vcc).

Una vez que las placas han adquirido su carga, si se abre el interruptor, éstas quedan cargadas y, como entre el aire que las separa no puede haber circulación de corriente, el circuito queda abierto y se mantendrá la diferencia de potencial entre las placas del condensador.

Entre las dos placas cargadas con signo opuesto tiene lugar entonces una atracción, pero no pueden ponerse en contacto a causa de la existencia del dieléctrico que las separa. Ello da lugar a la aparición de un campo eléctrico establecido desde la placa positiva a la negativa.

Un condensador no adquiere su carga inmediatamente. En el instante de la conexión, la corriente que circula es máxima y a partir de aquí sufrirá un decrecimiento exponencial, coincidente con un aumento también exponencial de la tensión en bornes del condensador, adquiriendo su máxima carga cuando la corriente se anula (fig. 3.20).

En ausencia de una tensión aplicada, las placas mantendrían su carga indefinidamente si el dieléctrico (aire en este ejemplo) fuese un aislante perfecto. Sin embargo, en la práctica existen *fugas* que permiten a los electrones pasar de una placa a otra. Desde luego, lo hacen poco a poco, pero el resultado es la anulación de la carga, después de transcurrir un cierto tiempo.

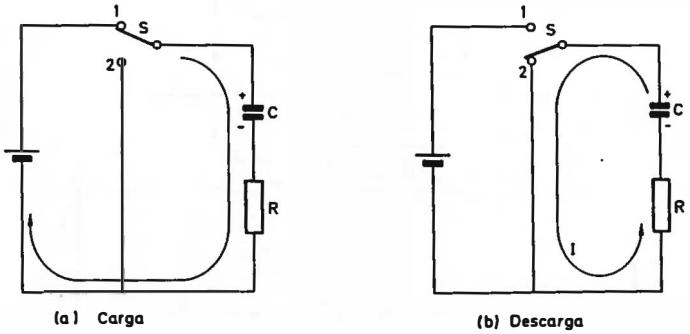



Figura 3.21 *a*) Cuando el interruptor está en la posición 1 el condensador se carga, limitando la intensidad la resistencia *R*; *b*) Al pasar el interruptor a la posición 2, una vez cargado el condensador, éste se descarga sobre *R*.

La descarga del condensador se efectuaría instantáneamente si se cortocircuitaran las placas del mismo. Es algo similar a lo que sucede al cortocircuitar los polos de una pila: al poner en contacto la placa con exceso de electrones con la que le faltan, se neutralizan entre sí quedando en estado neutro. Si en lugar de cortocircuitar las placas se intercala una resistencia, tardará más tiempo en descargarse.

Si se invierte la polaridad de la tensión aplicada en los bornes de un condensador cargado la corriente circulará en sentido contrario al anterior.

En resumen: un condensador se carga cuando la tensión aplicada entre sus terminales es superior a la que existía entre éstos y tiende a descargarse cuando la tensión que recibe está por debajo de la que había entre sus bornes.

### 3.9.5 Constante de carga y descarga de un condensador ($\tau$)

En el circuito de la figura 3.21 y con el conmutador en la posición 1 (carga), la corriente pasará de las pilas al condensador a través de la resistencia.

En el instante inicial, el condensador está descargado. Transcurrida una constante de tiempo ($\tau$) la tensión entre sus terminales habrá alcanzado el 63,2 % de la tensión aplicada. Al cabo de dos constantes de tiempo en bornes del condensador alcanzará el 86,5 % de la tensión aplicada. Después de 5 $\tau$, en los bornes del condensador ya habrá el 99 % de dicha tensión, prácticamente el valor máximo porque teóricamente nunca se alcanza el valor total de esta tensión. Todo lo expuesto anteriormente queda reflejado en la figura 3.22.

Mientras aumenta la tensión en los bornes del condensador disminuye la tensión en los extremos de la resistencia hasta anularse después de cinco constantes de tiempo.

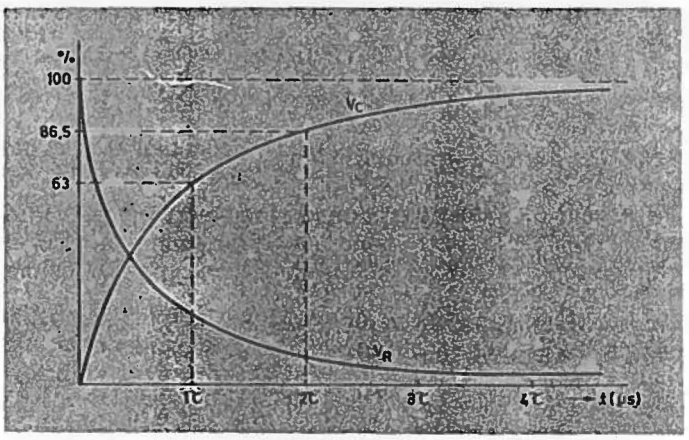



Figura 3.22 Curva exponencial de carga de un condensador. Un condensador se considera totalmente cargado cuando han transcurrido 5 $\tau$, siendo $\tau = RC$.

Si ahora se interrumpe la alimentación (pasando el conmutador a la posición 2), el condensador puede descargarse sobre la resistencia produciendo en ésta una inversión en la circulación de la corriente y mientras se anula la tensión. Como consecuencia en la práctica, también la intensidad pasa de $-I$ a 0, tal como lo muestra la figura 3.23.

La constante del tiempo $\tau$ de un grupo o red RC, medida en segundos equivale al producto de la resistencia en ohmios por la capacidad en faradios:

$$\tau = R \cdot C$$

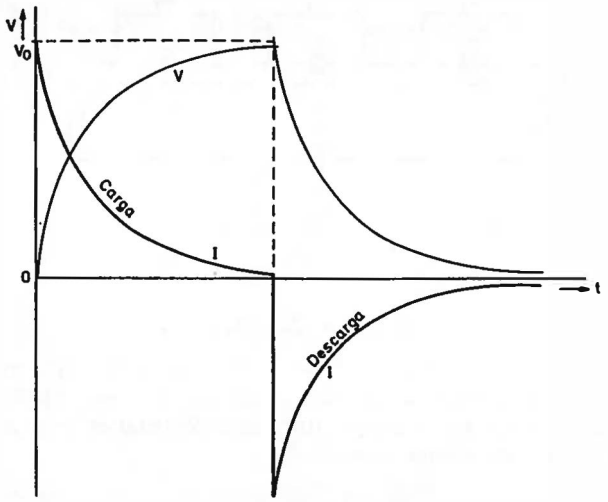



Figura 3.23 Curvas exponenciales de carga y descarga de un condensador. Se observa que cuando la I es máxima, la V es mínima y viceversa.

### 3.9.6 Dieléctrico de un condensador

El campo eléctrico entre las placas de un condensador varía por el hecho de intercalar algún material entre las placas. Esto es debido a que la densidad de carga existente depende del medio en que ésta tiene lugar.

La práctica mayoría de los aislantes resulta mejor conductora que el aire; de ahí que sea más fácil establecer un campo eléctrico entre las placas de un condensador empleando baquelita, mica, papel aceitado, poliéster, etc.

Es importante que un determinado tipo de dieléctrico sea capaz de favorecer el almacenamiento de una mayor cantidad de carga. La importancia es tal que hoy en día se conoce a los diferentes tipos de condensadores por el tipo de dieléctrico que utilizan. En la tabla 3.3 se dan las constantes dieléctricas de distintas sustancias.

### 3.9.7 Capacidad de un condensador

Se denomina capacidad de un condensador a la aptitud para almacenar cargas eléctricas.

La fórmula que nos da el valor de la capacidad de un condensador es la siguiente:

$$C = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{\varepsilon S}{d}$$

| *Material* | *Constante dieléctrica* |
|---|---|
| Agua destilada | 80 |
| Baquelita | 4,5 |
| Cuarzo | 4,5 |
| Celuloide | 4 |
| Cristal | 6 |
| Ebonita | 3 |
| Goma seca | 3 |
| Mica | 6 |
| Papel impregnado | 3 |
| Papel parafinado | 3,5 |
| Porcelana | 6 |
| Resina | 2,5 |
| Tantalio | 27,3 |
| Vidrio | 6 |
| El vacío | 1 |

Tabla 3.3 Constante dieléctrica de varios materiales aislantes.

En esta expresión la $C$ vendrá en faradios si $S$ está en metros cuadrados, $d$ en metros. $\varepsilon = 1$ si el dieléctrico es aire.

Para que la capacidad sea grande, interesa que las placas tengan la mayor superficie enfrentada posible y que el dieléctrico también corresponda a alguna de las sustancias con mayor poder aislante.

La capacidad de un condensador se expresa como la relación entre la carga eléctrica del mismo y el potencial alcanzado por dicha carga:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Un condensador tiene la capacidad de un faradio cuando almacena la carga de un culombio con una diferencia de potencial de un voltio entre sus placas o bornes.

Dado que la unidad de capacidad, el faradio ($F$) es una unidad muy grande, hay que recurrir a los siguientes submúltiplos:

Microfaradio ($\mu$F); 1 $\mu$F = 0,000.001 F = $10^{-6}$ F
Nanofaradio (nF); 1 nF = 0,000.000.001 F = $10^{-9}$ F
Picofaradio (pF); 1 pF = 0,000.000.000.001 F = $10^{-12}$ F

### 3.9.8 Tensión nominal o de trabajo

Los condensadores tienen varios factores que determinan su utilización en los circuitos. Estos factores son la tensión de trabajo, el coeficiente de temperatura y el tipo de dieléctrico.

La tensión de trabajo es aquella que puede soportar el condensador sin que se perfore su dieléctrico dando lugar a un cortocircuito entre las placas. Por esta razón los fabricantes recomiendan un determinado valor de tensión continua que no debe sobrepasarse de forma permanente.

La máxima tensión que se le puede aplicar depende del tipo de dieléctrico, de su espesor, de la frecuencia, del grado de humedad del ambiente y de la temperatura. Cuando un condensador trabaja en un margen de tensiones inferiores a las señaladas por el fabricante, aumenta en gran medida el tiempo de vida del componente.

### 3.9.9 Identificación de los condensadores

Muchos fabricantes de condensadores de disco, poliéster, tubulares y pin-up indican la capacidad mediante unas franjas de color, haciéndole corresponder a cada una un número de ceros o una cifra según el orden que se indica en la figura 3.24.

*Ejemplo:*

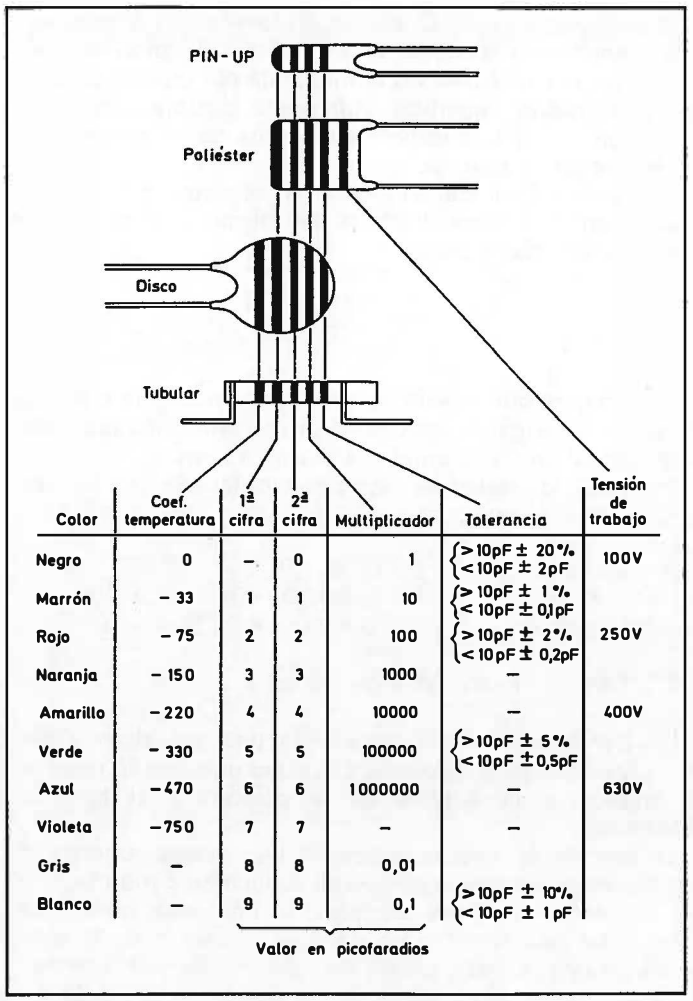
Supongamos que las cinco bandas de color de un condensador de disco son las siguientes:

| Violeta | Amarillo | Violeta | Rojo | Verde | Rojo |
|---|---|---|---|---|---|
| −750 ppM/ºC | 4 | 7 | 00 | 5 % | 250 V |

De acuerdo con la valoración de cada color, el coeficiente de temperatura es negativo, −750 ppM/ºC, lo que significa que, por cada millón de picofaradios, la capacidad disminuye 750 pF con cada grado de aumento de la temperatura. Basta establecer una proporción de los millones de picofaradios que tenga el condensador y relacionarla con el incremento de grados que sufra el condensador.

Las tres bandas siguientes dan una capacidad de 4700 pF.

La tolerancia es del 5 % y la tensión máxima de trabajo es de 250 V.




| Color | Coef. temperatura | 1ª cifra | 2ª cifra | Multiplicador | Tolerancia | Tensión de trabajo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Negro | 0 | – | 0 | 1 | >10pF ± 20% <10pF ± 2pF | 100V |
| Marrón | – 33 | 1 | 1 | 10 | >10pF ± 1% <10pF ± 0,1pF | |
| Rojo | – 75 | 2 | 2 | 100 | >10pF ± 2% <10pF ± 0,2pF | 250V |
| Naranja | – 150 | 3 | 3 | 1000 | – | |
| Amarillo | – 220 | 4 | 4 | 10000 | – | 400V |
| Verde | – 330 | 5 | 5 | 100000 | >10pF ± 5% <10pF ± 0,5pF | |
| Azul | – 470 | 6 | 6 | 1000000 | – | 630V |
| Violeta | – 750 | 7 | 7 | – | – | |
| Gris | – | 8 | 8 | 0,01 | | |
| Blanco | – | 9 | 9 | 0,1 | >10pF ± 10% <10pF ± 1pF | |

Valor en picofaradios

Figura 3.24 Código de identificación de condensadores.

Para valores de capacidad entre 1 y 10 pF se emplea como multiplicador el color blanco y cuando la capacidad queda por debajo de 1 pF el color de la franja multiplicador es el gris. En el primer caso, el grupo de dos cifras formado con las dos bandas queda multiplicado por 0,1 (dividido por 10) mientras que en el segundo caso queda multiplicado por 0,01 (dividido por 100).

### 3.9.10 Asociación de condensadores

Al igual que sucede con las resistencias, los condensadores pueden asociarse de tres formas distintas, que son: serie, paralelo y mixto.

La asociación de condensadores en serie se efectúa conectando el terminal de salida de un condensador con el de entrada del siguiente hasta completar la conexión de todos ellos. En esta asociación solamente actúan como terminales de conexión las placas o armaduras extremas.

Al quedar las placas extremas tan separadas entre sí, la capacidad resultante habrá disminuido considerablemente, comparada con la de cada condensador por separado.

Uniendo las armaduras libres de los dos condensadores extremos de la figura 3.25 a una fuente de energía, habrá una corriente de carga *I* igual para todos los condensadores. Como además, también es común el tiempo que dura el período de carga, resulta que todos los condensadores tomarán la misma carga eléctrica:

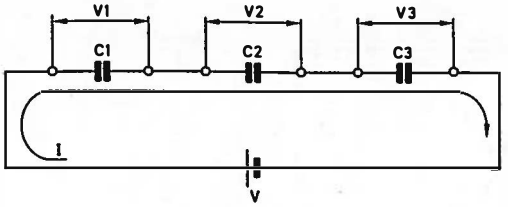



Figura 3.25 Asociación de condensadores en serie.

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Designando por $V_1$, $V_2$, $V_3$ a los valores de las tensiones parciales existentes entre las armaduras de los distintos condensadores, es evidente que la tensión total es igual a la suma de las tensiones parciales

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

En cada uno de los tres condensadores deberá cumplirse que la diferencia de potencial en sus bornes es igual al cociente entre la carga adquirida y la capacidad correspondiente

$$V_1 = \frac{Q}{C_1};\ V_2 = \frac{Q}{C_2};\ V_3 = \frac{Q}{C_3}$$

Sumando miembro a miembro las tres igualdades se obtendrá la diferencia de potencial entre los puntos *A* y *D* (tensión total aplicada al circuito)

$$V_{AD} = V_T = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

Sacando *Q* factor común

$$V_T = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right)$$

Pasando *Q* al otro miembro de la igualdad

$$\frac{V_T}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Siendo $\frac{V_T}{Q} = \frac{1}{C_T}$ queda:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

La capacidad total sería

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

Fórmula que dice: «el valor de la capacidad equivalente de un agrupamiento en serie de varios condensadores es igual a la unidad dividida por la suma de los inversos de los valores de las capacidades de los distintos condensadores que forman el agrupamiento».

Por idéntico razonamiento llegaríamos a la conclusión de que: «La capacidad total de un agrupamiento de varios condensadores en paralelo es igual a la suma de las capacidades de todos ellos»

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots\ldots\ C_n$$

### 3.9.11 Tipos de condensadores

Los condensadores poseen una amplia gama de aplicaciones en los circuitos electrónicos, por lo que para cada función se ha desarrollado algún modelo especial. Inicialmente los clasificamos en dos grandes grupos: *fijos* y *variables*.

En la tabla 3.4, se destacan los más importantes.

En cualquiera de los casos, la clasificación entre los diferentes condensadores puede hacerse de acuerdo con el tipo de dieléctrico que separa las placas.

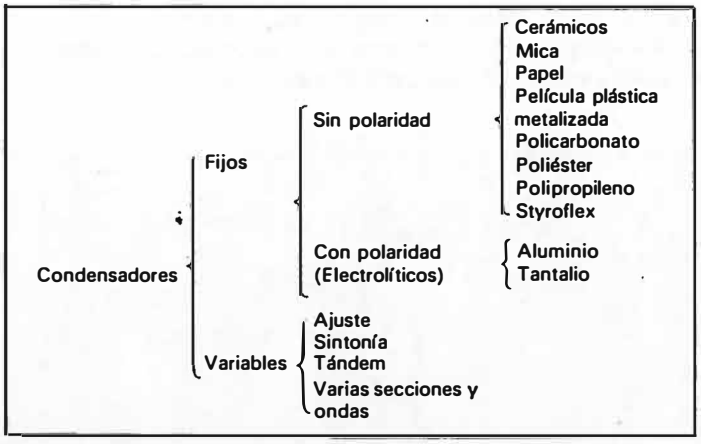



Tabla 3.4 Cuadro clasificatorio de los distintos tipos de condensadores.

### 3.9.12 Condensadores de papel

Se fabrican arrollando dos láminas metálicas, generalmente de aluminio, entre dos hojas de papel (figura 3.26).

Otra forma de fabricar condensadores con dieléctrico de papel consiste en metalizar el papel por ambas caras con una película muy fina, lo que da lugar a un tamaño más pequeño a igual capacidad que un modelo hecho con varias capas.

Este tipo de condensadores suelen fabricarse sin polaridad.

Aunque no se trate de condensadores electrolíticos, puede darse el caso de que en los condensadores de papel sea necesario diferenciar los terminales para que su utilización sea correcta.

En altas frecuencias es conveniente disponer a masa el terminal asociado a la lámina externa para que actúe como blindaje y así el otro terminal queda conectado a la parte activa del circuito. Esta solución queda sin efecto cuando el condensador lleva una cubierta metálica asociada a un terminal que suele conectarse a masa.

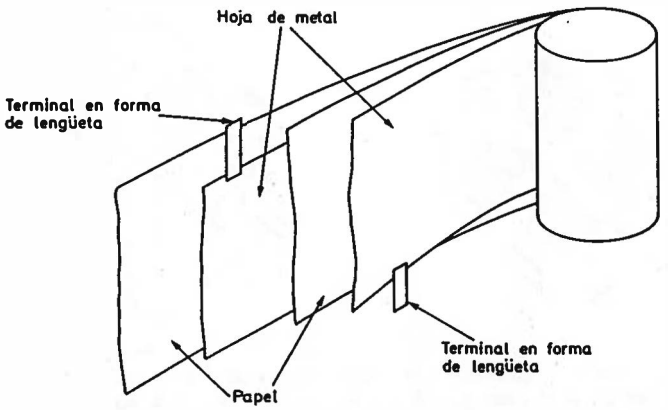



Figura 3.26 Condensador de papel (o de película plástica) de tipo cilíndrico. Son visibles las dos tiras metálicas que constituyen los terminales, las hojas de aislante, el dieléctrico y las armaduras en forma de cinta metálica.

### 3.9.13 Condensadores de papel aceitado

El aceite se utiliza en los condensadores cuando éstos deban trabajar con tensiones elevadas, pero no se emplea solo, sino impregnando láminas de papel, lo que le permite soportar corrientes elevadas y amplios márgenes de temperatura.

Este condensador es muy utilizado en emisores de radio, que soportan tensiones de algunos miles de voltios en régimen normal de trabajo.

### 3.9.14 Condensadores de poliéster

Los condensadores de poliéster tienden a disminuir de capacidad cuando aumenta la frecuencia. Esta variación suele ser del orden del 3 % de disminución a una frecuencia de trabajo de 100 kHz. A partir de esta frecuencia el porcentaje de la disminución de capacidad aumenta mucho y se recomienda no utilizarlos a partir de algunos MHz.

La capacidad suele aumentar ligeramente cuando lo hace la temperatura, teniendo en cuenta que llegan a soportar valores elevados de ésta.

Se fabrican con capacidades comprendidas entre 2 pF y 10 $\mu$F, con unas tensiones de servicio a partir de 30 V que pueden llegar hasta 1000 V.

### 3.9.15 Condensadores de styroflex (poliestireno)

Estos condensadores presentan una serie de ventajas desde el punto de vista de utilización como son: un reducido factor de pérdidas, una gran resistencia de aislamiento y un coeficiente de temperatura negativo con respuesta lineal.

Los condensadores de styroflex tienen la tensión de trabajo comprendida entre 30 y 600 V.

El coeficiente negativo de temperatura les confiere la posibilidad de compensar las variaciones que sufren las ferritas con la temperatura, de este modo resultan de gran interés en las etapas de radiofrecuencia.

La tolerancia puede alcanzar unos valores realmente bajos ya que el margen de la misma queda entre 0,25 y el 20 %.

### 3.9.16 Condensadores con dieléctrico de mica

Sus aplicaciones se centran especialmente en los circuitos que trabajan en alta frecuencia. Tal es el caso de las etapas osciladoras de radiofrecuencia.

Su especial configuración permite que lleguen a trabajar con tensiones de varios miles de voltios, porque la mica es un buen aislante, y las capacidades oscilan entre 5 pF y 100 nF.

### 3.9.17 Condensadores cerámicos

Las bases cerámicas adoptan diferentes formas según el tipo y forma de trabajo de los condensadores. Los más corrientes son los tubulares, de disco y de cápsula. Resisten temperaturas elevadas, no absorben humedad y soportan bastante los ambientes ácidos.

Los valores de su capacidad están comprendidos entre 0,5 y 10 nF. La principal característica de estos condensadores es que trabajan en circuitos con frecuencias muy elevadas,

especialmente en aplicaciones de radio, televisión y en ondas ultracortas.

Pueden tener coeficiente de temperatura positivo o negativo, según cual sea el material que los forma.

Todos los condensadores cerámicos llevan generalmente impreso en su superficie el valor en picofaradios y su tensión de trabajo aunque pueden tener además otras especificaciones como tolerancia o coeficiente de temperatura.

### 3.9.18 Condensadores electrolíticos

La necesidad de los condensadores electrolíticos surge cuando el circuito requiere una elevada capacidad.

Un condensador electrolítico puede obtenerse conectando una batería que proporcione una intensidad elevada a dos electrodos de aluminio colocados dentro de un recipiente lleno de una solución de ácido bórico.

El electrolítico formado por la solución de ácido bórico determina la aparición de iones de oxígeno sobre el ánodo, oxidándolo. Sobre la placa se va depositando una capa de óxido de aluminio.

El óxido que recubre el electrodo positivo es el que actúa como electrólito del condensador formado, y el cátodo está en contacto eléctrico con el encapsulado (recipiente) y será precisamente el electrodo negativo. La figura 3.27 muestra la estructura de un condensador electrolítico.

Algunas de las aplicaciones de este tipo de condensador se encuentran en las fuentes de alimentación como elemento imprescindible para el filtrado de la tensión rectificada, estabilización de tensiones, acoplamiento entre etapas para bloquear la componente continua, en circuitos multivibradores, etc.

Cualquier condensador electrolítico polarizado requiere una identificación entre los electrodos. Van marcados con los signos (+) y (−) para el positivo y el negativo respectivamente, sobre los propios terminales en el caso de condensadores para circuitos de potencia o sobre el encapsulado, en las proximidades de los terminales.

Otra diferenciación de polaridad suele hacerse por la longitud de los terminales en los condensadores miniatura de tipo radial. El terminal más largo corresponde al positivo mientras que el más corto es el negativo.

El valor de los condensadores electrolíticos siempre viene expresado en microfaradios ($\mu$F).

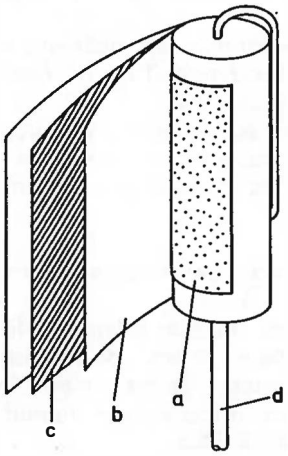



Figura 3.27 Composición de un condensador electrolítico «seco»: *a*) tira de aluminio a la que se le ha aplicado un mordiente, provista de una capa de óxido de aluminio, *b*) capa de papel impregnada con una solución de ácido, *c*) tira de aluminio y *d*) conexión de la armadura positiva.

### 3.9.19 Condensadores de tantalio

La segunda gran familia de condensadores electrolíticos la constituyen los condensadores que utilizan como dieléctrico el tantalio, que puede ser líquido o sólido.

Existen diferentes presentaciones, destacando especialmente el *encapsulado metálico* o el tipo *perla*.

Este tipo de condensadores presentan varias ventajas, entre las que se destacan: tamaño reducido, estabilidad, mayor duración, menores pérdidas y baja corriente de fugas.

El principal inconveniente es que las tensiones de trabajo son pequeñas, dado que no suelen sobrepasar 40 V.

La capacidad viene definida por su valor numérico en microfaradios sobre su cuerpo o a base de un código particular para los de tipo perla (figura 3.28).

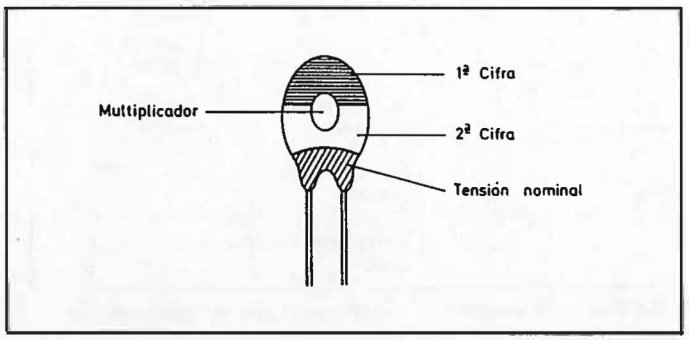



Figura 3.28 Determinación de la capacidad de un condensador de tantalio.

### 3.9.20 Condensadores variables

Los condensadores variables están formados por una serie de láminas fijas y móviles enfrentadas entre sí. Las láminas móviles van solidarias a un eje, permitiendo de este modo la variación de la superficie enfrentada de ambos grupos de placas, consiguiendo de este modo la variación de la capacidad.

El dieléctrico que separa las placas de estos condensadores normalmente es de aire, de cartón baquelizado o de mica.

La capacidad será máxima cuando las placas móviles coincidan con las fijas y será mínima cuando las móviles queden completamente fuera de las fijas, tal como indica la figura 3.29.

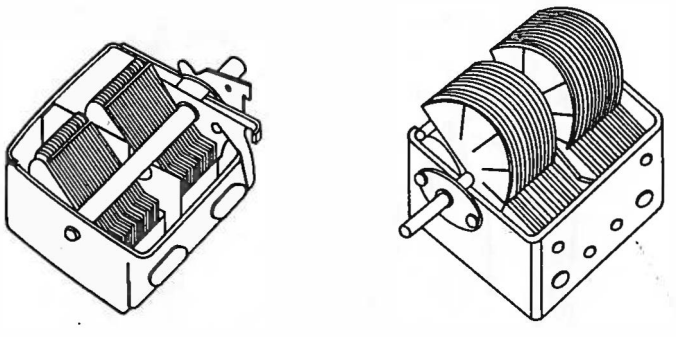



Figura 3.29 Constitución de un condensador variable doble tándem. *a*) las láminas del rotor están casi dentro de las del estator y la capacidad del condensador está cerca del máximo; *b*) las placas del rotor están casi fuera de las del estator y la capacidad es mínima. Las hendiduras de las placas exteriores del rotor tienen por objeto ajustar el condensador a su capacidad exacta.

La capacidad está comprendida entre algunos picofaradios y alrededor de los 1000 pF.

Las capacidades en recepción oscilan entre los márgenes de 25 y 150 pF para las frecuencias más elevadas y 250 a 500 pF para las frecuencias bajas.

### 3.9.21 Condensadores de ajuste

La única diferencia que hay respecto a los variables es el tamaño y la forma de realizar el desplazamiento de la lámina móvil, puesto que aquí se hace mediante calibradores o, en su defecto, mediante destornilladores.

### 3.9.22 Simbología de los condensadores

En la figura 3.30 se representan los símbolos más comúnmente empleados en la práctica. En los condensadores electrolíticos se indica la polaridad de cada uno de sus electrodos. Los condensadores variables se representan por una flecha que cruza el símbolo del condensador y los ajustables con una línea y un trazo corto que también la cruza.

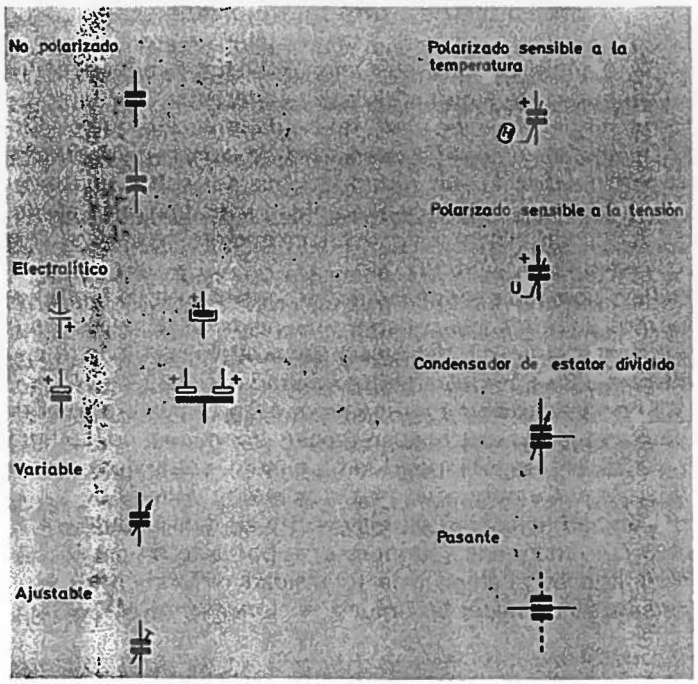



Figura 3.30 Símbolo de los condensadores.

## 3.10 MAGNETISMO

### 3.10.1 Clases de imanes

El conjunto de fenómenos originados por imanes se llama *magnetismo.*

Los imanes pueden ser trozos de magnetita a los que se les conoce con la denominación de *imanes naturales* o bien pueden obtenerse por medio de procedimientos físicos en cuyo caso son llamados *imanes artificiales.*

Todo cuerpo capaz de atraer al hierro y sus derivados se denomina *imán.*

Hay unos minerales en la zona de Magnesia (Asia Menor) que tienen propiedades magnéticas, esto es, que son capaces de atraer trozos de hierro.

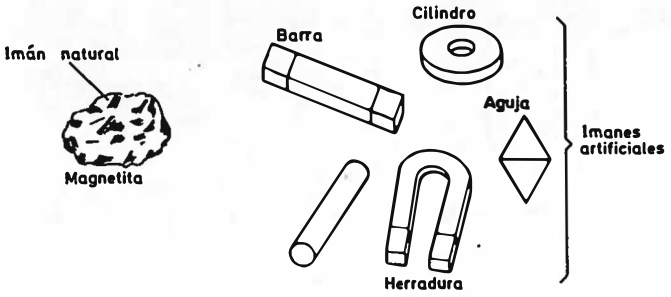



Figura 3.31 Imanes naturales y artificiales. Los efectos magnéticos están en los extremos independientemente de su forma.

A estos minerales se les conoce con el nombre de *magnetita.* Su aspecto general es el de una piedra que contiene incrustaciones de un metal brillante; este metal es un óxido de hierro (figura 3.31).

El acero y algunos tipos de aleaciones en las que interviene aluminio, níquel, cobalto, magnesio, manganeso, etc., son elementos capaces de adquirir y mantener propiedades magnéticas por medios exteriores.

Hay tres formas distintas para conseguir imanes artificiales; éstas son: por frotamiento con otro imán, por influencia magnética o por la acción de corrientes eléctricas. Ahora bien, los imanes artificiales pueden ser *temporales o permanentes.*

Son imanes temporales aquellos en los que los efectos magnéticos sólo se manifiestan mientras dura la causa exterior imanadora. Los imanes temporales son todos los constituidos por hierro, mientras que son imanes permanentes aquellos materiales capaces de mantener el magnetismo aún después de haber cesado la causa imanadora. Los imanes permanentes están constituidos por acero.

### 3.10.2 Polos de un imán

En todo imán hay zonas perfectamente diferenciadas, éstas son: los *polos,* el *eje* y la *línea neutra.*

Las zonas donde se manifiestan los efectos magnéticos se llaman polos de un imán y siempre se encuentran en los extremos del mismo, independientemente de la forma que adopten.

Estos polos son uno el norte (*N*) y el otro sur (*S*).

El eje de un imán es la línea que une los polos dividiéndolo en dos partes iguales (figura 3.32).

Línea neutra de un imán es la recta perpendicular al eje y equidistante de los polos.

Las diferentes zonas de atracción de un imán se pueden comprobar colocando un imán debajo de una placa de vidrio, una lámina de papel u otro material separador no metálico.

A continuación se espolvorea finas limaduras de hierro por toda la superficie. Se observará que éstas se concentran en

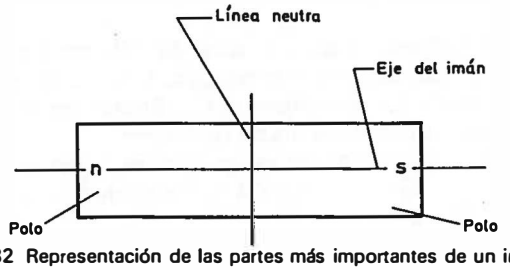



Figura 3.32 Representación de las partes más importantes de un imán.

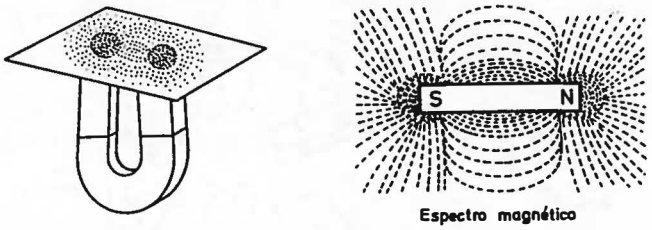



Figura 3.33 Distribución de las líneas de fuerza entre los polos de un imán.

los polos y parece que siguen unas trayectorias dirigidas de un polo a otro. Se observa en la figura 3.33 que apenas hay limaduras en la zona neutra y en las zonas alejadas del imán. El poder de atracción en cada punto queda determinado por la cantidad de limaduras depositadas.

Las limaduras se reparten de una manera simétrica y ordenada siguiendo unos caminos perfectamente delimitados que comienzan en un polo y acaban en el otro debilitándose en el centro.

Las líneas de fuerza siguen la dirección norte-sur por el exterior del imán y van de sur a norte por el interior del mismo. *Las líneas de fuerza* son virtuales, no reales, pero representan los caminos que teóricamente sigue el flujo magnético.

### 3.10.3 Atracción y repulsión de los polos magnéticos

Se demuestra experimentalmente que los polos de distinto signo se atraen y los polos de igual signo se repelen. Cuando se enfrentan dos polos sur (o norte), las líneas se comprimen y ejercen una fuerza que les mantiene separados (figura 3.34).

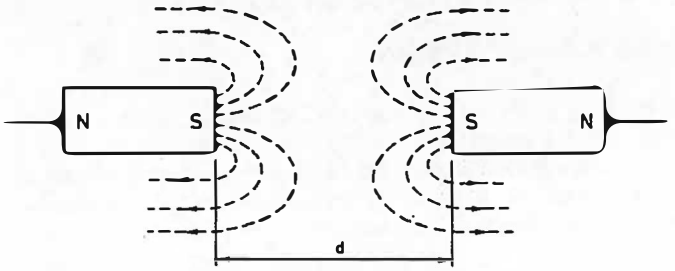



Figura 3.34 Polos del mismo sentido se repelen. Su fuerza de repulsión depende del tamaño del imán y de la distancia (*d*) que les separa.

Cuando se enfrentan polos de distinto signo N-S o S-N de imanes diferentes, rápidamente tiene lugar la aproximación y el contacto de los mismos y las líneas de fuerza se alinean perfectamente formando un conjunto equivalente al par de imanes. La figura 3.35 representa cómo se atraen los dos imanes y el bloque resultante equivale a un solo imán.

### 3.10.4 Campo magnético

Todos los imanes poseen una zona de influencia en la que son patentes sus efectos magnéticos. Esta zona recibe la denominación de *campo magnético*, definido también como el espacio que ocupan las líneas de fuerza.

La distribución del campo magnético es *espacial*, lo que significa que las líneas de fuerza se extienden en todas las direcciones del espacio.

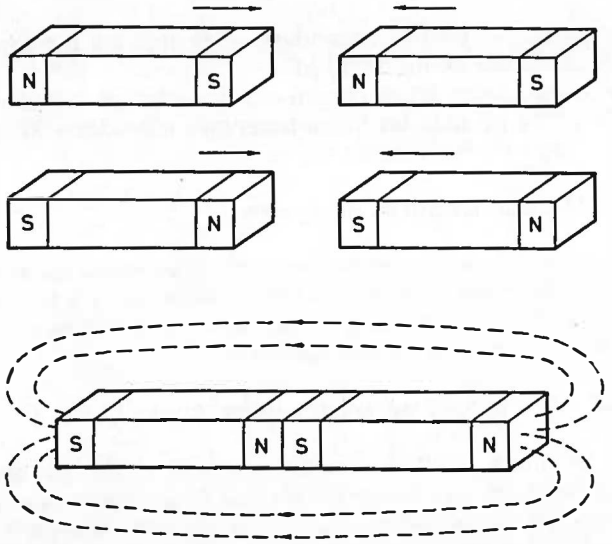



Figura 3.35 Polos de signo contrario se atraen. Una vez se han unido dos imanes, su comportamiento es como si fuera uno solo.

### 3.10.5 Intensidad de campo y flujo magnético

Se comprueba que dos imanes distintos atraen a una misma masa de hierro a distancias diferentes. Por tanto, se deduce que uno ejerce más fuerza de atracción que el otro.

Recibe el nombre de *intensidad de campo magnético* la fuerza ejercida en un punto del mismo, sobre una masa magnética de valor igual a la unidad situada en ese punto.

La unidad de intensidad de campo es el *gausio* y se representa por la letra *G*.

Para comparar varios imanes entre sí debemos fijar unos puntos de referencia concretos. Generalmente se estudia el número de líneas de fuerza que atraviesan superficies idénticas y se compara el flujo de todas ellas.

Recibe el nombre de *flujo magnético* el número total de líneas de fuerza existente en un circuito magnético. La figura 3.36 muestra la densidad de flujo entre dos imanes diferentes. Cuanto mayor sea el número de líneas de fuerza por unidad de superficie, mayor será su densidad.

El flujo magnético se representa por la letra, «fi» Φ. Esta magnitud es análoga a la intensidad de corriente de un circuito electrónico. Su unidad es el *maxvelio* (M).

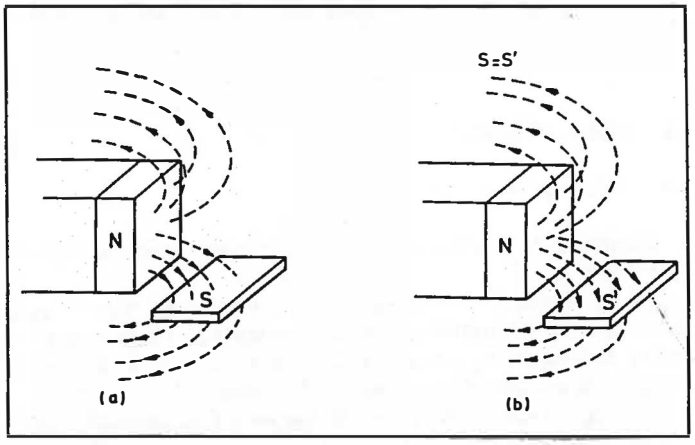



Figura 3.36 Comparación de la densidad de flujo entre dos imanes. El *b*) tiene mayor flujo que el *a*) puesto que para una misma superficie hay mayor número de líneas de fuerza.

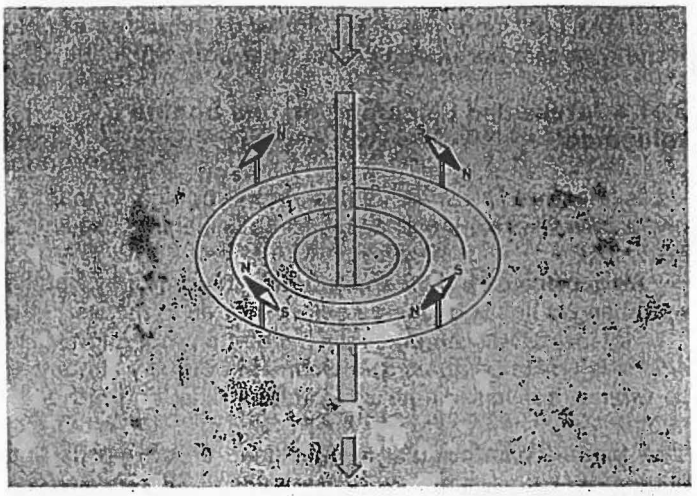


Figura 3.37 Las líneas de fuerza creadas por un conductor recorrido por una corriente son concéntricas y perpendiculares al mismo.

## 3.11 ELECTROMAGNETISMO

Recibe el nombre de electromagnetismo la parte de la física que relaciona los campos magnéticos con las corrientes eléctricas; esta relación se descubrió al observar que un pequeño imán suspendido por un hilo experimentaba una desviación importante cuando se acercaba a un conductor por el que circulaba una corriente eléctrica procedente de un generador de corriente continua.

Como consecuencia de estos experimentos se dedujo que todo conductor recorrido por una corriente eléctrica crea a su alrededor un campo magnético, cuyas líneas de fuerza son circunferencias concéntricas perpendiculares al conductor y con centro en el mismo (figura 3.37).

El sentido de las líneas de fuerza del campo creado en un conductor rectilíneo recorrido por una corriente continua se averigua aplicando la llamada regla de la mano derecha, que dice lo siguiente: considerando el sentido eléctrico de la corriente, cogiendo el conductor con la mano derecha, de modo que el dedo pulgar señale el sentido de esta corriente (de positivo a negativo), los dedos restantes señalan el sentido del flujo (figura 3.38).

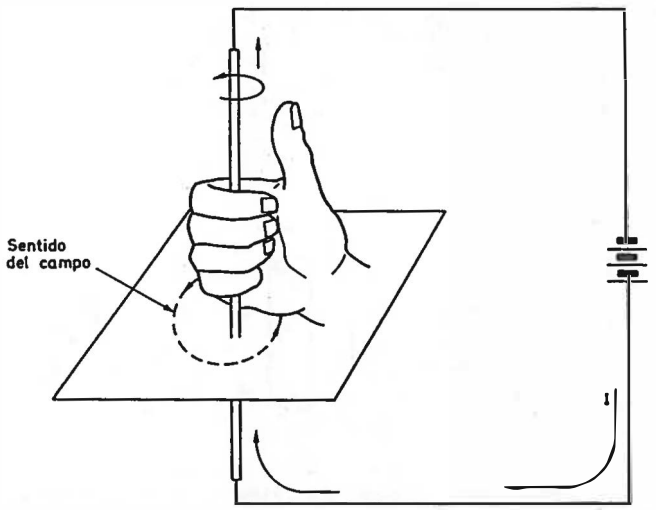



Figura 3.38 Aplicando la «regla de la mano derecha» se halla el sentido de las líneas de fuerza que crea un conductor por el que pasa la corriente.

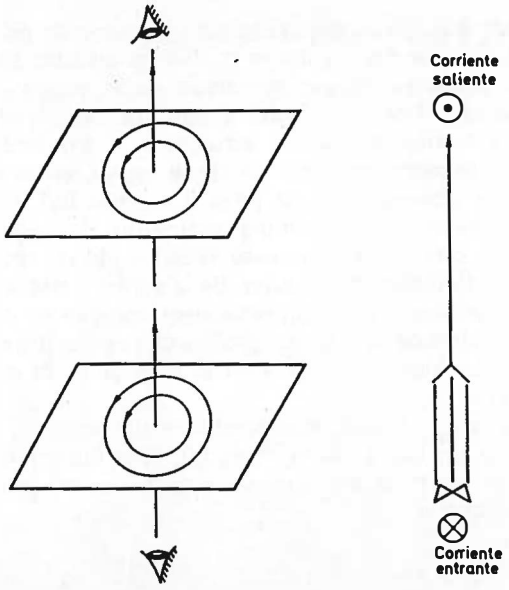



Figura 3.39 Para indicar que una corriente sale de un conductor se hace mediante un punto y una entrante, por un aspa.

Cuando se representa un conductor visto en sección, y que está recorrido por una corriente eléctrica, se utiliza el sistema convencional de representar esta corriente como un *punto* cuando viene hacia nosotros y un aspa cuando se aleja de nosotros. La figura 3.39 ilustra este fenómeno.

### 3.11.1 Intensidad de campo en un conductor rectilíneo

La intensidad del campo magnético creado por un conductor recorrido por una corriente es inversamente proporcional a la *distancia* a que se encuentre del punto a medir y directamente proporcional al valor de la intensidad de corriente que recorre el conductor.

El valor de la intensidad de campo vendrá dado en gausios cuando la intensidad de la corriente ($I$) que recorre el conductor esté expresada en amperios y la distancia ($d$) al conductor esté en centímetros.

Estas tres magnitudes se relacionan de la forma siguiente:

$$H = \frac{0{,}2\,I}{d}$$

### 3.11.2 Campo creado por una espira

Una espira es un arrollamiento de hilo conductor generalmente en forma de circunferencia. También se admite que una espira está compuesta por trozos pequeños de conductor rectilíneo (figura 3.40).

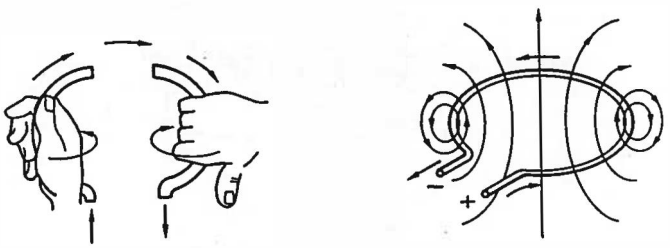



Figura 3.40 Campo magnético creado por una espira.

Aplicando a estos trozos la regla de la mano derecha, se comprueba que todas las líneas de fuerza creadas por los diferentes trozos pasan por el interior de la espira en un mismo sentido. Por tanto, una espira recorrida por una corriente eléctrica se puede equiparar a un imán de superficie y espesor iguales a los de la espira, en la que a cada cara le corresponda un polo. La polaridad de este «pequeño imán», se determina aplicando la regla del sacacorchos, que dice lo siguiente: «colocando un sacacorchos perpendicularmente al plano de la espira y haciéndolo girar en el sentido de la corriente eléctrica que recorre la espira, el sentido de avance del sacacorchos coincide con el sentido de las líneas de fuerza en el interior de la espira» (figura 3.41).

Una espira es en todo comparable a un imán. Si se la suspende de un hilo permitiéndole que gire libremente, se orientará de norte a sur cuando esté recorrida por una corriente eléctrica.

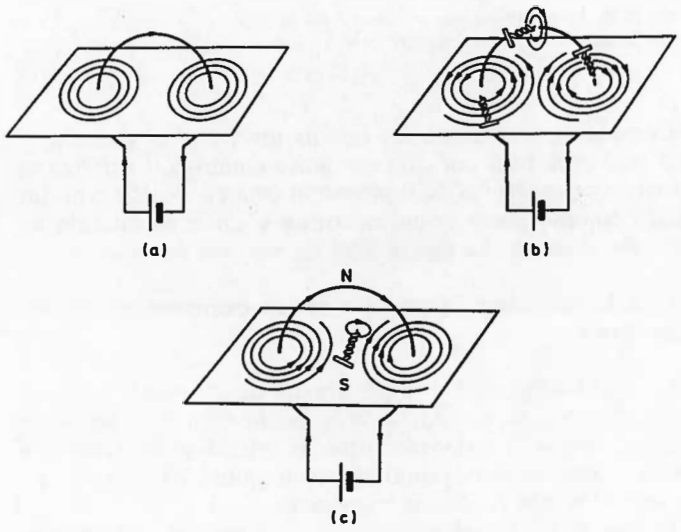



Figura 3.41 *a*) Campo magnético producido por una espira; *b*) regla del sacacorchos, y *c*) polos de una espira.

### 3.11.3 Solenoide

Un solenoide es una sucesión de espiras dispuestas unas a continuación de otras y perpendiculares a un eje que pasa por sus centros.

Si una espira equivalía a un pequeño imán, un solenoide, formado por varias espiras, se comportará como un imán mucho más potente. El sentido de las líneas de fuerza de un solenoide también se determina aplicando la regla del sacacorchos (figura 3.42).

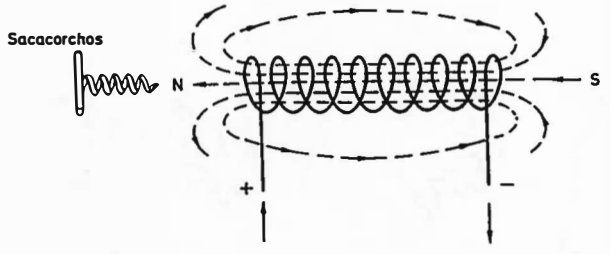



Figura 3.42 El sentido de las líneas de un solenoide se determina aplicando la «regla del sacacorchos».

La cara por donde salen las líneas de fuerza es el polo Norte, y la cara por donde entran es el polo Sur.

### 3.11.4 Intensidad de campo de una bobina o solenoide

Las líneas de fuerza existentes en una bobina se mantienen paralelas en el interior de la misma dispersándose en los extremos.

Para el cálculo de la intensidad de campo de una bobina se toman las líneas de fuerza del interior de la misma.

La intensidad de campo es directamente proporcional a la intensidad de la corriente que recorre la bobina y al número de espiras, e inversamente proporcional a la longitud de la bobina.

La fórmula para calcular la intensidad de campo de una bobina es la siguiente:

$$H = \frac{1{,}25\,NI}{L}$$

$\left\{ \begin{array}{l} L = cm \\ N = \text{número espiras} \\ I = A \end{array} \right.$

### 3.11.5 Corrientes inducidas

Si se introduce un conductor dentro de un campo magnético cuyo flujo sea variable, éste induce en el conductor una tensión o fuerza electromotriz.

Para conseguir la variación de flujo en el conductor se pueden usar dos procedimientos: *a*) moviendo el conductor y *b*) variando la intensidad del campo.

Se puede inducir una fuerza electromotriz (f.e.m.) en un conductor moviendo éste dentro del campo, o desplazando el campo de tal forma que, en ambos casos, el conductor corte las líneas de fuerza magnéticas.

La forma más práctica de conseguir este movimiento de modo permanente es hacer que el conductor se mueva de forma circular a través del campo magnético.

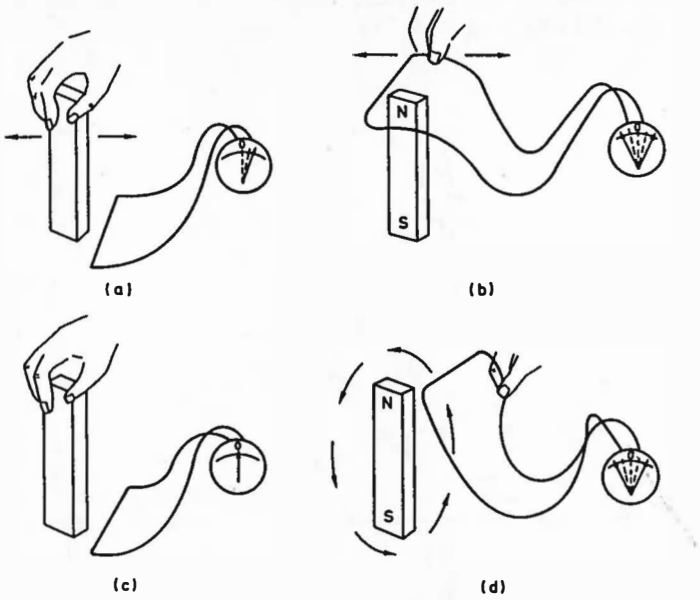



Figura 3.43 Las corrientes se pueden inducir: *a*) moviendo un imán hacia uno y otro lado de un conductor; *b*) dejando el imán fijo y moviendo el conductor; *c*) imán y conductor en reposo, no hay inducción; *d*) imán fijo pero el conductor gira alrededor de él.

Para obtener una fuerza electromotriz inducida es indispensable la existencia de una variación del flujo magnético (figura 3.43)

### 3.11.6 Fuerza electromotriz inducida en un conductor

Si un conductor se mueve dentro de un campo magnético de forma que en este movimiento corte a las líneas de fuerza del campo, se genera en el conductor una f.e.m. inducida (figura 3.44).

Aplicando la regla conocida con el nombre de *los tres dedos de la mano derecha* se puede establecer el sentido de la corriente inducida en el conductor.

Orientando los dedos tal como se indica en la figura 3.44*b* se tendrá que el dedo índice indicará el sentido de las líneas del campo magnético, el pulgar indicará el movimiento del conductor y el dedo medio indicará el sentido de la corriente inducida.

El valor de la f.e.m. inducida en un conductor que se mueve perpendicularmente a las líneas de fuerza, depende de la *velocidad* y *longitud* del conductor, y de la inducción existente en el campo.

El valor de la tensión inducida, en voltios, lo determina la siguiente expresión:

$$e = \frac{v\,l\beta}{10^8} \text{ (voltios)}$$

La f.e.m. vendrá expresada en voltios si $v$ (velocidad del conductor) está en cm/s; $l$ (longitud del conductor) en cm y $\beta$ (inducción del campo) en gausios; $10^8$ es una constante.

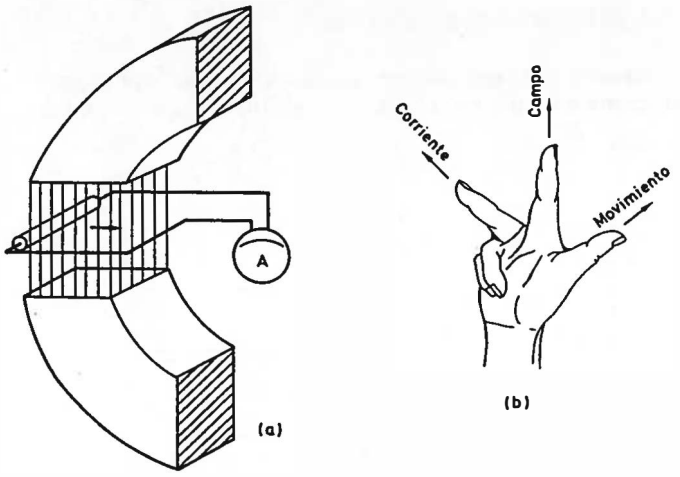



Figura 3.44 Aplicando la «regla de la mano derecha», se puede hallar el sentido de la corriente inducida en el conductor rectilíneo.

## 3.12 BOBINAS

Recibe el nombre de bobina un conjunto de espiras unidas entre sí.

### 3.12.1 Inductancia

La inductancia es un parámetro (característica) típico de una bobina. Su valor se halla dividiendo el valor del flujo que atraviesa la bobina por el valor de la intensidad de corriente $I$ que crea ese flujo al circular por ella (figura 3.45).

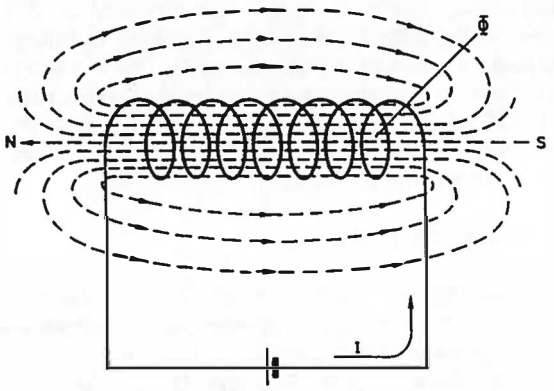



Figura 3.45 Detalle de la circulación de corriente y del flujo en una bobina.

Esta relación se expresa de la forma siguiente:

$$L = \frac{\Phi}{10^8 I} N$$

La unidad de inductancia es el *henrio* y se representa por la letra H (mayúscula).

En general, esta unidad es demasiado grande cuando se trata de bobinas para antenas y radiofrecuencias, por lo que es más fácil encontrar bobinas cuyas inductancias sean de varios milihenrios (mH) o microhenrios ($\mu$H).

Siendo $N$ el número de espiras si la intensidad está expresada en amperios y el flujo en maxvelios, la inductancia vendrá dada en *henrios* (H).

*Ejemplo:*

Hallar la inductancia de una bobina constituida por 100 espiras. La corriente que circula por ella es de 100 mA y crea un flujo de 1 MM (megamaxvelio).

Según la fórmula, se obtiene:

$$L = \frac{\Phi N}{10^8 I} = \frac{1 \cdot 10^6 M \cdot 100}{10^8 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} = \frac{1 \cdot 10^6}{10^5} = 10 \text{ H}$$

### 3.12.2 Fórmula práctica para el cálculo de bobinas

La inductancia en henrios depende del número de espiras de la bobina, de la sección sobre la que están arrolladas y de la longitud real de la bobina (figura 3.46):

$$L = \frac{1{,}256 N^2 s \cdot \mu}{l \cdot 10.000}$$

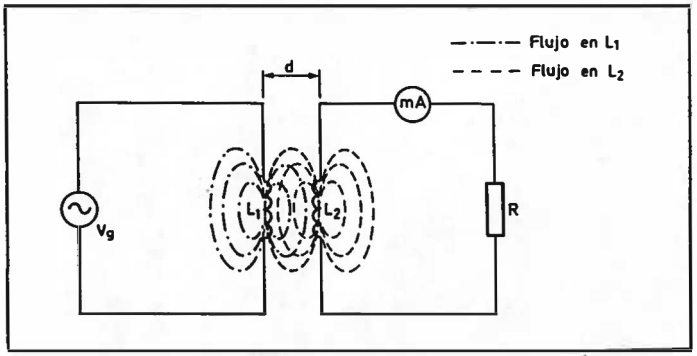



Figura 3.46 El flujo variable de $L_1$ ocasiona un flujo de inducción sobre la inductancia $L_2$ y ésta a su vez influye sobre la primera.

Para que la inductancia $L$ venga dada en henrios (H) es preciso que la sección ($s$) sobre la que está enrollada la bobina se mida en metros cuadrados ($m^2$) y que la longitud ($l$) de la bobina esté en metros ($m$); $N$ es el número total de espiras y 1,256 y 10.000 son factores de conversión entre las diferentes unidades; $\mu$ es el coeficiente de permeabilidad del núcleo (cuando es aire $\mu=1$).

### 3.12.3 Inductancia mutua

Tal como se expresó en el apartado 3.11.5, al dejar un conductor inmóvil dentro de un campo magnético variable, éste induce una f.e.m. sobre aquél.

En la figura 3.46, se observa que la bobina $L_1$ está conectada a un generador de corriente alterna (dispositivo capaz de suministrar una tensión y por tanto una intensidad que varíe su polaridad en función del tiempo); esto hace que se cree un flujo variable que influya a $L_2$, de tal forma que por ella circule una corriente.

El valor de la corriente inducida en $L_2$ dependerá de la distancia a que se encuentren ambas bobinas.

Para que tenga lugar la inducción mutua, es necesario que el flujo variable creado por cada una de las bobinas alcance a la otra; entonces, se dice que ambas están *acopladas* inductivamente.

La inducción existente entre dos bobinas, fundamentalmente depende del valor de la inductancia y de la distancia ($d$) que las separa.

Si todo el flujo creado por una bobina atraviesa a la otra, se dice que el grado de acoplamiento entre ellas es fuerte, y si están dispuestas de modo que sólo una pequeña parte del flujo producido por una de ellas engloba a la otra, se dice que el grado de acoplamiento es débil. La inductancia mutua $M$ se halla de la forma siguiente:

$$M=k\sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

$M$ vendrá dado en henrios (H), si $L_1$ y $L_2$ también vienen dadas en H; $k$ es el factor *de acoplamiento* del flujo entre las dos bobinas.

Normalmente el factor $k$ será menor que la unidad ($k<1$). La máxima transferencia de flujo ($k=1$), sólo se daría cuando una bobina quede dentro de la otra y tuviera el mismo núcleo que concentre todas las líneas de fuerza.

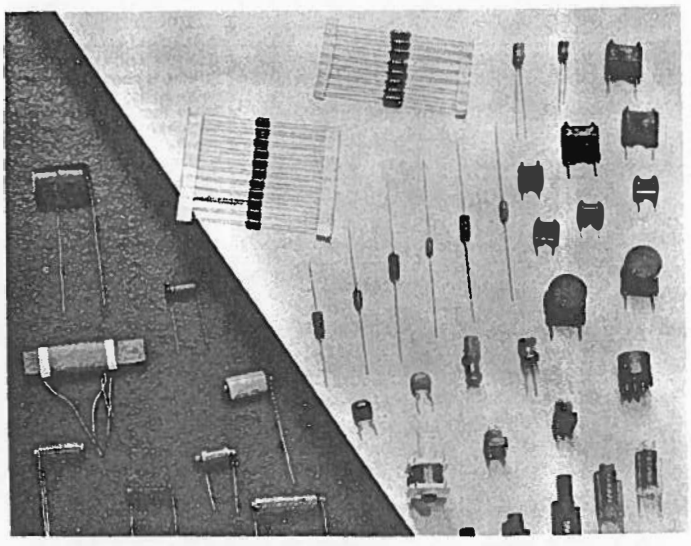


Figura 3.47 Distintos tipos de bobinas para alta frecuencia.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en una bobina es el núcleo.

Las espiras pueden enrollarse sobre una base de cartón baquelizado, plástico, material cerámico, etc. Cuando las bobinas deban trabajar a frecuencias muy bajas se recurre a los núcleos de hierro formados por varias chapas apiladas y cuando las bobinas se destinen para aplicaciones de alta frecuencia se emplean los núcleos de ferrita o incluso se prescinde de ellos en la gama más elevada de frecuencias.

Tanto el núcleo de chapa magnética como el de ferrita favorecen el paso de líneas de fuerza a su través, por lo que contribuyen a aumentar el valor de la inductancia $L$.

En la figura 3.47 se representan distintos tipos de bobinas para alta frecuencia.

## 3.13 CORRIENTE ALTERNA

### 3.13.1 Introducción

Aunque en el estudio sobre el funcionamiento de los distintos componentes vistos hasta el momento, en pocas ocasiones se ha utilizado corriente alterna, es esta clase de corriente la que más se utiliza en los equipos electrónicos, aunque naturalmente transformada.

Reciben el nombre genérico de corrientes alternas aquéllas cuyo sentido se invierte periódicamente y que en instantes sucesivos del tiempo toman valores distintos (figura 3.48*a*).

Al estudiar el concepto de corriente continua, se vio que los electrones se desplazan por un conductor siempre en el mismo sentido.

Su representación gráfica es una línea horizontal paralela al eje de tiempos a una distancia igual al valor de la corriente que circula (figura 3.48*b*).

### 3.13.2 Magnitudes periódicas

Fenómenos periódicos son aquellos que se reproducen idénticamente en intervalos de tiempo iguales. Cada

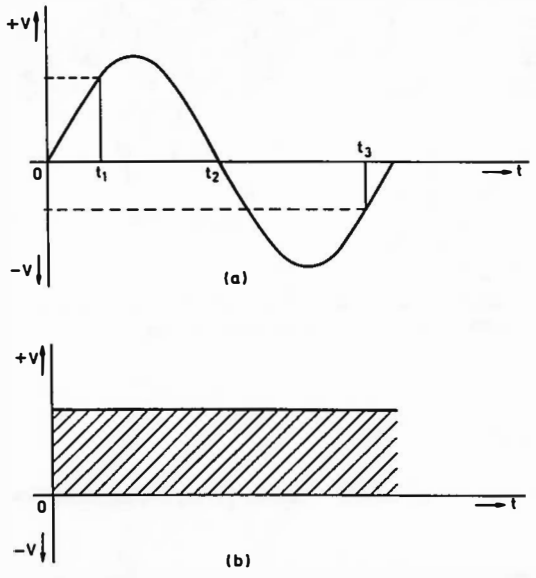



Figura 3.48 *a*) Representación de una corriente alterna. Sus valores pueden ser positivos, negativos, o cero dependiendo del tiempo ($t_1$, $t_3$ y $t_2$); *b*) Representación de una corriente continua. Su valor se mantiene constante a través del tiempo.

Para que la inductancia $L$ venga dada en henrios (H) es preciso que la sección ($s$) sobre la que está enrollada la bobina se mida en metros cuadrados ($m^2$) y que la longitud ($l$) de la bobina esté en metros ($m$); $N$ es el número total de espiras y 1,256 y 10.000 son factores de conversión entre las diferentes unidades; $\mu$ es el coeficiente de permeabilidad del núcleo (cuando es aire $\mu=1$).

### 3.12.3 Inductancia mutua

Tal como se expresó en el apartado 3.11.5, al dejar un conductor inmóvil dentro de un campo magnético variable, éste induce una f.e.m. sobre aquél.

En la figura 3.46, se observa que la bobina $L_1$ está conectada a un generador de corriente alterna (dispositivo capaz de suministrar una tensión y por tanto una intensidad que varíe su polaridad en función del tiempo); esto hace que se cree un flujo variable que influya a $L_2$, de tal forma que por ella circule una corriente.

El valor de la corriente inducida en $L_2$ dependerá de la distancia a que se encuentren ambas bobinas.

Para que tenga lugar la inducción mutua, es necesario que el flujo variable creado por cada una de las bobinas alcance a la otra; entonces, se dice que ambas están *acopladas* inductivamente.

La inducción existente entre dos bobinas, fundamentalmente depende del valor de la inductancia y de la distancia ($d$) que las separa.

Si todo el flujo creado por una bobina atraviesa a la otra, se dice que el grado de acoplamiento entre ellas es fuerte, y si están dispuestas de modo que sólo una pequeña parte del flujo producido por una de ellas engloba a la otra, se dice que el grado de acoplamiento es débil. La inductancia mutua $M$ se halla de la forma siguiente:

$$M=k\sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

$M$ vendrá dado en henrios (H), si $L_1$ y $L_2$ también vienen dadas en H; $k$ es el factor *de acoplamiento* del flujo entre las dos bobinas.

Normalmente el factor $k$ será menor que la unidad ($k<1$). La máxima transferencia de flujo ($k=1$), sólo se daría cuando una bobina quede dentro de la otra y tuviera el mismo núcleo que concentre todas las líneas de fuerza.

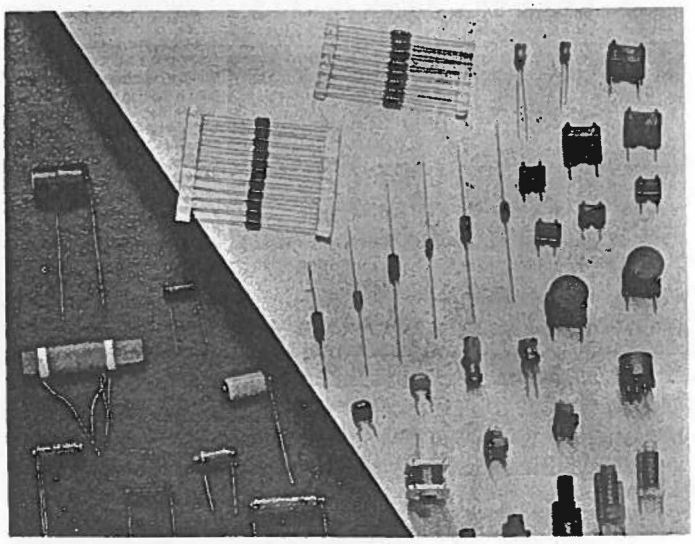


Figura 3.47 Distintos tipos de bobinas para alta frecuencia.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en una bobina es el núcleo.

Las espiras pueden enrollarse sobre una base de cartón baquelizado, plástico, material cerámico, etc. Cuando las bobinas deban trabajar a frecuencias muy bajas se recurre a los núcleos de hierro formados por varias chapas apiladas y cuando las bobinas se destinen para aplicaciones de alta frecuencia se emplean los núcleos de ferrita o incluso se prescinde de ellos en la gama más elevada de frecuencias.

Tanto el núcleo de chapa magnética como el de ferrita favorecen el paso de líneas de fuerza a su través, por lo que contribuyen a aumentar el valor de la inductancia $L$.

En la figura 3.47 se representan distintos tipos de bobinas para alta frecuencia.

## 3.13 CORRIENTE ALTERNA

### 3.13.1 Introducción

Aunque en el estudio sobre el funcionamiento de los distintos componentes vistos hasta el momento, en pocas ocasiones se ha utilizado corriente alterna, es esta clase de corriente la que más se utiliza en los equipos electrónicos, aunque naturalmente transformada.

Reciben el nombre genérico de corrientes alternas aquéllas cuyo sentido se invierte periódicamente y que en instantes sucesivos del tiempo toman valores distintos (figura 3.48*a*).

Al estudiar el concepto de corriente continua, se vio que los electrones se desplazan por un conductor siempre en el mismo sentido.

Su representación gráfica es una línea horizontal paralela al eje de tiempos a una distancia igual al valor de la corriente que circula (figura 3.48*b*).

### 3.13.2 Magnitudes periódicas

Fenómenos periódicos son aquellos que se reproducen idénticamente en intervalos de tiempo iguales. Cada

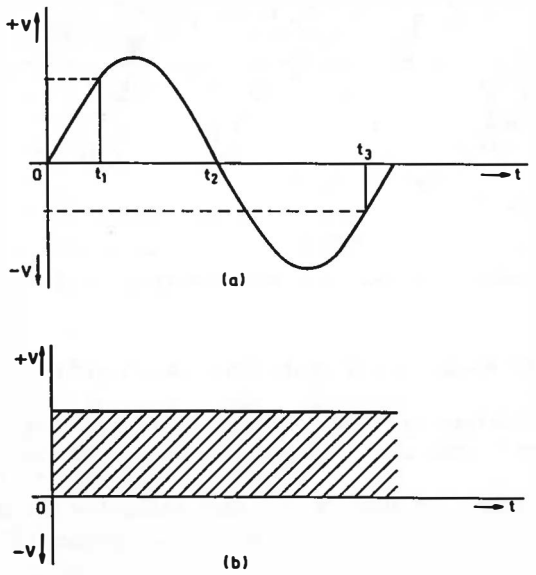



Figura 3.48 *a*) Representación de una corriente alterna. Sus valores pueden ser positivos, negativos, o cero dependiendo del tiempo ($t_1$, $t_3$ y $t_2$); *b*) Representación de una corriente continua. Su valor se mantiene constante a través del tiempo.

intervalo en el que se repite el fenómeno se llama *período*.

Al número de períodos que existen en la unidad de tiempo (el segundo) se le llama *frecuencia*.

El período de una corriente alterna se define como el tiempo constante que separa dos instantes consecutivos en los que ésta se reproduce idénticamente.

El símbolo del período es $T$ y se expresa en segundos, que es la unidad de tiempo.

La frecuencia de una corriente alterna es igual al número de veces que ésta se reproduce en un segundo.

Su unidad es el *hercio* (Hz), que es la frecuencia de una corriente o señal cuyo período es un segundo, y sus múltiplos el kilohercio (kHz), megahercio (MHz) y gigahercio (GHz) que son, respectivamente, mil, un millón y mil millones de hercios. Antiguamente se utilizaba el *ciclo por segundo* (c/s) que en la actualidad aún no ha dejado completamente de usarse en la práctica.

### 3.13.3 Relación entre período y frecuencia de una corriente alterna

Como se puede observar en la figura 3.49, la forma de onda se repite cuatro veces en un segundo, luego el tiempo de un período será:

$$T = \frac{1}{4} \quad \text{o sea } T = \frac{1}{f}$$

pero, asimismo

$$f = \frac{1}{T}$$

La *alternancia* de una corriente alterna, corresponde al conjunto de valores que ésta adquiere en un mismo sentido de paso. Por tanto, la duración de una alternancia es un semiperíodo o una semionda (figura 3.49).

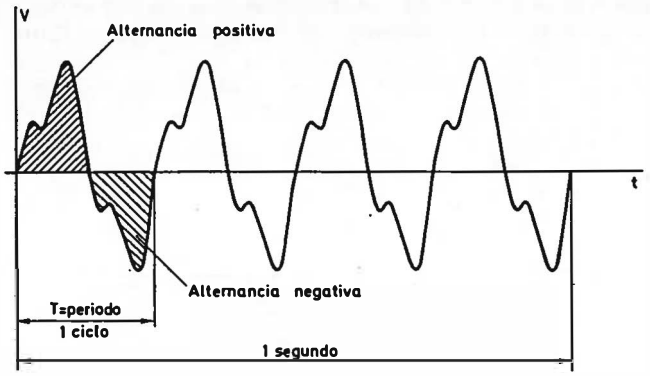



Figura 3.49 Relación entre la frecuencia y el período de una corriente alterna.

### 3.13.4 Valores de la corriente alterna senoidal

Hay muchas formas de corriente alterna, pero se estudia la senoidal por la más usual y la que se identifica con mayor facilidad.

El valor eficaz es uno de los más utilizados aunque también interesan el valor medio e instantáneo (figura 3.50).

*Valor instantáneo*

Una señal alterna se caracteriza por tomar valores diferentes de tensión e intensidad en función del tiempo. Así

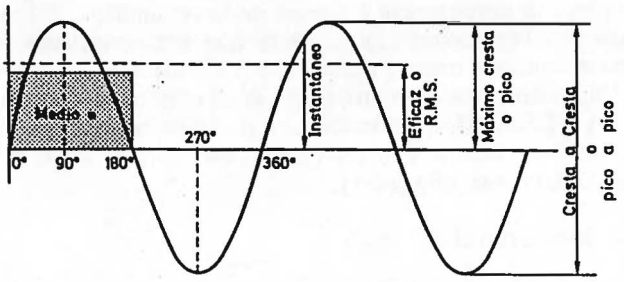



Figura 3.50 Valores de una corriente alterna senoidal.

pues, valor instantáneo es aquel que toma la señal en cada instante. Se suele representar con letras minúsculas. Ejemplo: $v$ (tensión), $i$ (intensidad), etc.

*Valor máximo (de pico)*

De todos los valores instantáneos comprendidos en un período siempre hay uno que es el mayor de todos. Este es el que se llama máximo y se designa por una letra mayúscula, con el subíndice *máx.* Por ejemplo: $V_{máx.}$, $I_{máx.}$, $P_{máx.}$

El valor máximo de una señal se llama también valor de pico. En el tratamiento de las señales es importante el valor comprendido entre dos picos, esto es, el valor pico a pico (figura 3.50).

El valor de pico se suele designar con una $p$ minúscula y, con dos $p$, el de pico a pico. Ejemplo: $v_p$, $i_p$, $v_{pp}$, $i_{pp}$, etc.

*Valor eficaz*

En el tratamiento de las señales alternas, éste es el valor más importante para operar con ellas.

Cuando por un circuito resistivo circula una corriente alterna se disipa en él una cierta cantidad de calor. Pues bien, valor eficaz es el correspondiente a una corriente continua que disipa la misma cantidad de calor.

Se podría decir también que es el valor que produce los mismos efectos tanto en alterna como en continua. Matemáticamente se obtiene como el valor medio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores instantáneos que toma una señal enun período.

Se designa ordinariamente con una letra mayúscula sin subíndices (V, I, P), aunque otras veces se expresa así: $V_{ef}$, $I_{ef}$, etc.) y en audio es frecuente representarlo por las siglas inglesas r.m.s. (valor medio cuadrático). La relación entre este valor y el máximo se halla por las expresiones:

$$V_{ef} = V = \frac{V_p}{\sqrt{2}}; \quad V_p = V \cdot \sqrt{2}$$

$$V = 0{,}707\ V_p; \quad V_p = 1{,}414\ V$$

*Valor medio*

El valor medio de una semionda es el promedio de todos los valores instantáneos que puede tomar la magnitud que varía; la tensión, en este caso.

Matemáticamente el valor medio es la media aritmética de todos los valores instantáneos de un período. En las funciones simétricas, respecto al eje $t$, se toma medio período.

Se designa con una letra mayúscula y el subíndice $m$. Para una señal de tipo senoidal el valor medio en función del valor máximo es el siguiente:

$$V_m = \frac{2}{\pi} \cdot V_{máx.}$$

El promedio de todos los valores de un ciclo senoidal completo es cero.

Por esto, cuando se calcula el valor medio de una corriente alterna, no se hace sobre un ciclo sino solamente en un semiciclo, sea positivo o negativo.

*Relaciones entre los valores medio, eficaz y máximo*

En la figura 3.50 se pueden ver los valores significativos de una senoide.

Entre estos valores se establecen una serie de relaciones, que permiten pasar de unos a otros con una sola transformación matemática.

Valor eficaz = 0,707 veces el valor de pico = 1,11 veces el valor medio

Valor medio = 0,636 veces el valor de pico = 0,9 veces el valor eficaz.

Valor de pico = 1,414 por el valor eficaz.

Valor de pico a pico = 2,828 por el valor eficaz.

## 3.14 TRANSFORMADORES

### 3.14.1 Introducción

Un transformador consiste en dos bobinados acoplados magnéticamente (figura 3.51), de manera que cuando uno de ellos está recorrido por una corriente alterna, crea un flujo que da lugar a una fuerza electromotriz inducida en el otro devanado, que sigue las variaciones de la primera con la misma frecuencia.

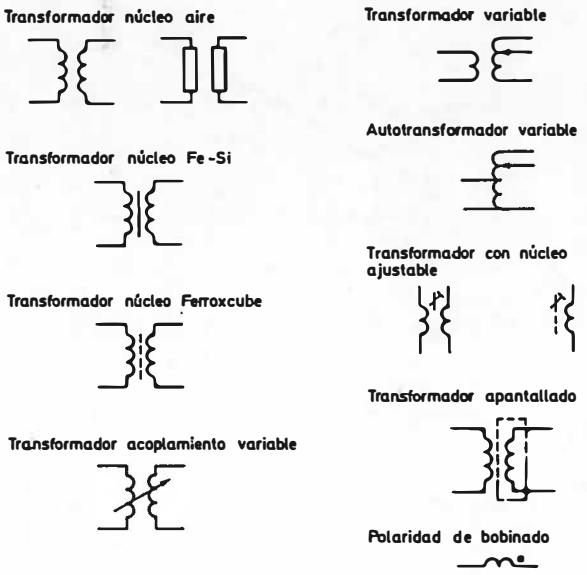



Figura 3.51 Simbología de distintos tipos de transformadores y autotransformadores.

El bobinado conectado al generador de corriente es el primario, y el que recoge la variación es el secundario. El espacio vacío entre los bobinados puede sustituirse por un núcleo de material ferromagnético a base de chapas de grano orientado o ferrita para conseguir la máxima transferencia de energía entre los devanados (figura 3.52).

Una característica importante de un transformador es que la potencia del secundario es aproximadamente igual a la del primario. Ello se consigue variando la relación tensión-corriente.

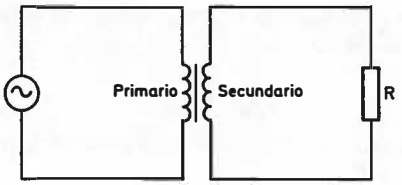



Figura 3.52 En un transformador, el primario se conecta al generador y el secundario a la carga.

### 3.14.2 Funcionamiento del transformador

Cuando el primario de un transformador está recorrido por la corriente alterna da lugar a un flujo que en su mayor parte se canaliza a través del núcleo, salvo una pequeña proporción que se dispersa en este devanado. Como este flujo es alterno da lugar a una corriente inducida que llega al circuito de carga (figura 3.53).

En apartados anteriores se vio que la fuerza electromotriz inducida en una bobina era directamente proporcional al número de espiras de ésta y a la variación del flujo sobre ella, por lo cual el número de espiras de cada bobinado estará relacionado con la tensión inducida.

Siendo $V_p$ la tensión aplicada al primario, $V_s$ la tensión inducida en el secundario, $N_p$ el número de espiras del primario y $N_s$ el número de espiras del secundario, en los dos bobinados se cumple la siguiente relación:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Despejando esta igualdad, también puede escribirse:

$$V_p N_s = V_s N_p$$

Al cociente entre el número de espiras de los devanados se le conoce como *relación de transformación*.

Estas igualdades sólo son válidas cuando las pérdidas en el transformador son mínimas; es decir, si el acoplamiento inductivo ehtre las bobinas es muy inferior a la unidad.

Si el núcleo fuera de aire, no sería correcta su utilización.

Para que un transformador reduzca la tensión es necesario que el primario tenga más espiras que el secundario, y para que un transformador sea elevador de tensión, el secundario deberá tener más espiras que el primario.

Suponiendo que el transformador no tiene ninguna pérdida de potencia, se cumple que el valor de ésta en el secundario es igual a la aplicada en el primario:

$$P_s = P_p$$

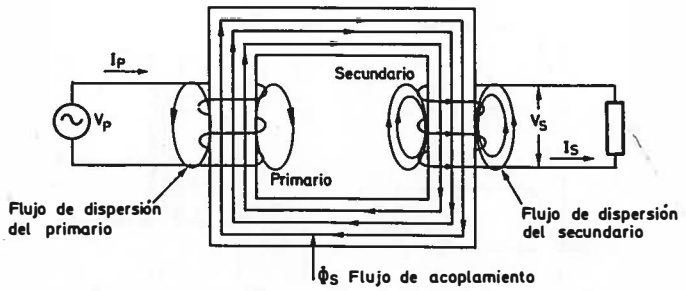



Figura 3.53 Para que se induzca una tensión en el secundario de un transformador, es necesario que en el primario haya un flujo variable, por tanto, una tensión alterna. No se le puede aplicar una corriente continua.

Dado que la potencia es el producto de la tensión por la intensidad, se cumple:

$$V_s I_s = V_p \cdot I_p$$

que también puede escribirse de la siguiente forma

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

de lo que se deduce que en un transformador la relación de intensidades es inversa a la de tensiones.

La relación de tensiones entre el primario y el secundario es igual a la relación entre las espiras respectivas de cada devanado y a la inversa de la relación de intensidades correspondientes:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad \text{y} \quad \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Así que puede escribirse:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Estos cálculos están hechos con carga resistiva y sin tener en cuenta las pérdidas tanto en el cobre como en el hierro, por la dispersión de flujo entre devanados como por la influencia debida a las componentes inductivas.

En la realidad hay que tener en cuenta el rendimiento del transformador y el factor de potencia, que si bien puede despreciarse para bajas potencias, cuando éstas son elevadas, caso de los transformadores para alta tensión, es necesario considerarlo.

El *rendimiento de un transformador* se representa por la letra $\eta$ (eta), y es el cociente entre la potencia del secundario y la del primario. Suele expresarse en tanto por ciento.

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \cdot 100$$

Generalmente el rendimiento de los transformadores está comprendido entre el 95 y 98 %, mientras que el factor de potencia queda alrededor de 0,9.

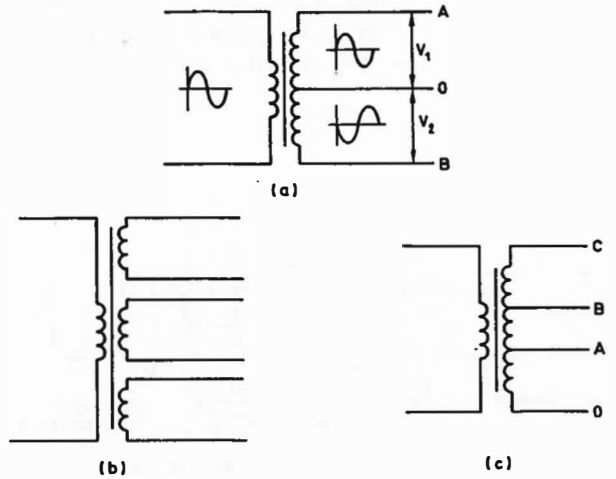



Figura 3.54 *a*) Transformador con toma media en el secundario; *b*) secundario con devanados separados y *c*) secundario con múltiples tomas intermedias.

### 3.14.3 Transformadores con tomas múltiples en el secundario

Existen transformadores que poseen un devanado único como primario y varios devanados secundarios entre los que destaca la toma media y las tomas múltiples.

En un transformador con toma media (figura 3.54*a*) los extremos de los devanados están en oposición de fase con lo que pueden obtenerse dos tensiones $V_1$ y $V_2$ a partir de la del primario. Esto posibilita utilizar por separado las dos tomas OA ($V_1$), OB ($V_2$) o bien AB ($V_1 + V_2$). Es muy utilizado en circuitos de rectificación y montajes en contrafase.

Puede haber un secundario con varios devanados independientes (figura 3.54*b*) o con tomas intermedias (figura 3.54*c*).

## 3.15 REPRESENTACION GRAFICA DE LA CORRIENTE ALTERNA SENOIDAL

### 3.15.1 Representación vectorial

Las magnitudes que necesitan la especificación de un tamaño, una dirección (la orientación que presenta) y un sentido (hacia dónde se dirige), se llaman vectores; algunos ejemplos son: el desplazamiento, la fuerza y la velocidad.

Gráficamente, un vector *A* se representa por un segmento cuya longitud es lo que se denomina módulo y la punta de la flecha indica el sentido (fig. 3.55*a*).

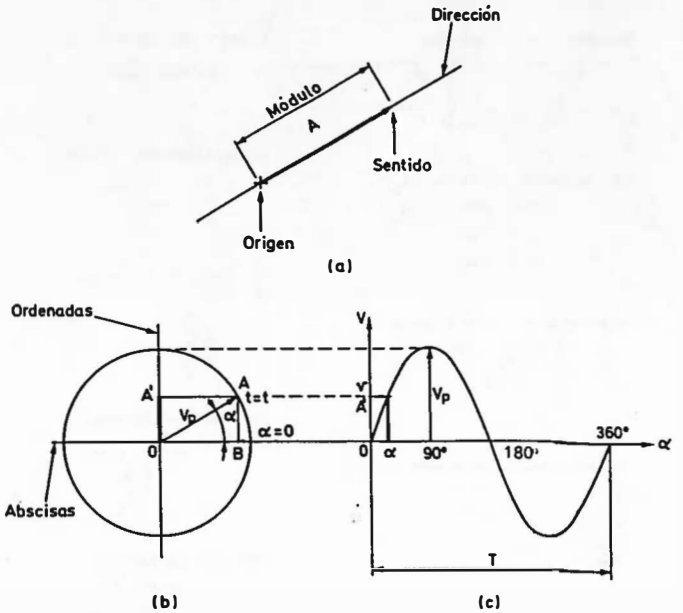



Figura 3.55 Representación *a*) de un vector; *b*) vectorial de una señal alterna senoidal, y *c*) de Fresnel.

### 3.15.2 Representación de Fresnel

Esta representación se halla a partir de un vector giratorio (fasor), cuya longitud es igual al valor máximo representado. La proyección del extremo del vector sobre el eje vertical (OA') da el valor correspondiente al ángulo $\alpha$ (figura 3.55*b*).

Hay cuatro ángulos característicos:

*a*) Si el vector es coincidente con el eje de abscisas, el

ángulo $\alpha$ es igual a 0° ($\alpha=0°$) y su proyección OA' es nula (cero).

*b*) Cuando el vector esté a 90° respecto del punto de partida, su proyección OA' será máxima.

*c*) Cuando se encuentra a 180°, OA'=0.

*d*) Para 270°, OA' será máxima, pero de sentido contrario al correspondiente a 90°.

*e*) El ángulo correspondiente a 360° es el mismo que el de partida (cero).

En la misma figura (3.55*c*) está la representación cartesiana. Para ello se llevan al eje de abscisas los distintos ángulos ($\alpha$) que el vector puede tomar, y al de ordenadas las proyecciones correspondientes a cada ángulo.

Mediante los valores $\alpha$ y OA se van obteniendo una serie de puntos ($\alpha$, OA), que uniéndolos sucesivamente determinan la representación de Fresnel o senoidal.

## 3.16 RECEPTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Si se suministra energía eléctrica a un circuito compuesto por componentes pasivos, éstos pueden comportarse de tres formas diferentes: disipando esa energía en forma de calor, almacenándola en forma de un campo magnético o almacenándola en forma de carga eléctrica. Cuando disipa energía, se trata de un elemento resistivo puro; cuando almacena energía magnética, se trata de una bobina; y cuando la almacena en forma de carga, es un condensador.

En la práctica, nunca se da un efecto de éstos por separado; en general, se simultanean los tres o dos de ellos.

No obstante, para su estudio pueden suponerse efectos independientes.

### 3.16.1 Circuito resistivo puro

Los cálculos en corrientes alternas, cuando se trata de receptores de resistencia óhmica, son iguales y se aplican las mismas leyes que para corriente continua.

*En este tipo de circuitos la tensión y la intensidad están en fase* y se pueden representar de las dos formas indicadas en la figura 3.56.

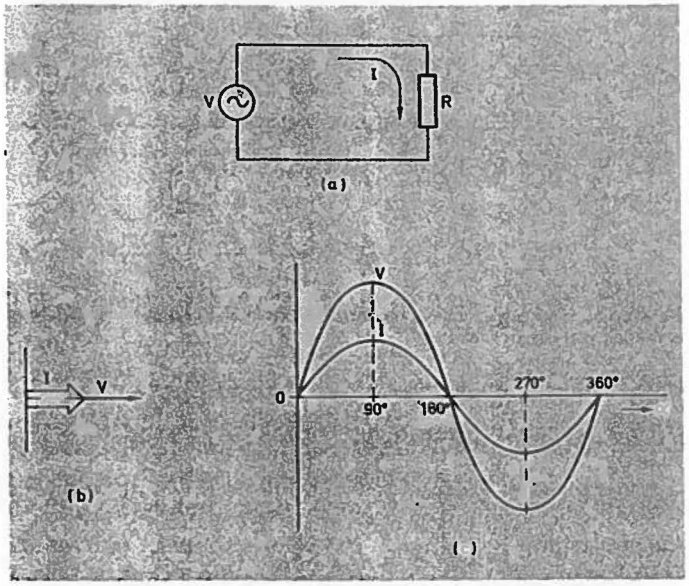



Figura 3.56 Representación de la tensión y la intensidad en un circuito resistivo puro que se le ha aplicado una tensión alterna senoidal; *a*) circuito resistivo; *b*) representación vectorial y *c*) representación de Fresnel.

El valor de la intensidad eficaz en los circuitos de corriente alterna con resistencia pura es igual a:

$$I = \frac{V}{R}$$

### 3.16.2 Circuito inductivo puro

Al variar, con respecto al tiempo, la corriente que circula por un circuito inductivo, varía también el campo magnético creado y, como consecuencia de la ley de Lenz, este campo magnético, crea una tensión eléctrica inducida, que tiende a oponerse a la variación primitiva de la corriente. Es por este motivo que *en un circuito de inductancia pura, la intensidad se retrasa con respecto a la tensión 1/4 de período, es decir, 90°* (figura 3.57).

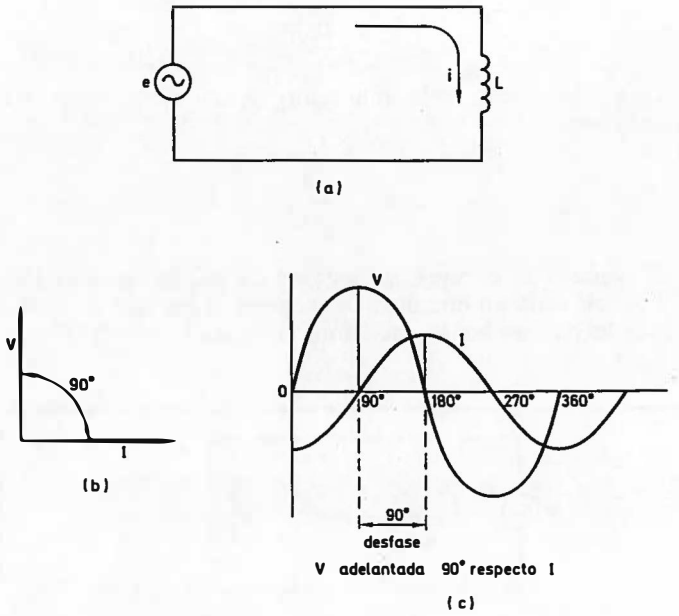



Figura 3.57 Representación vectorial y senoidal de un circuito con inductancia pura.

La oposición que presenta una bobina a la corriente alterna se le denomina *reactancia inductiva* (es el equivalente a la resistencia eléctrica), se representa por $X_L$ y su valor se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$X_L = 2\,\pi\,fL$$

Siendo: $2\,\pi$ una constante que es igual a 6,28, $f$ la frecuencia aplicada a la bobina y $L$ la inductancia de la misma.

La reactancia de la bobina ($X_L$) vendrá expresada en ohmios, si la frecuencia lo está en hercios (Hz) y la inductancia en henrios (H).

A la expresión $2\pi f$ se la denomina pulsación y se representa por omega minúscula ($\omega$), por lo que la expresión anterior, también se puede representar tal como sigue:

$$X_L = \omega\,L$$

### 3.16.3 Circuito capacitivo puro

Cualquier condensador va almacenando carga hasta que la tensión entre sus bornes o placas es igual a la aplicada; en

corriente alterna el condensador se carga conforme va creciendo la tensión, hasta su valor máximo.

Cuando la tensión empieza a decrecer, aunque ésta sea de la misma polaridad, la corriente cambia de sentido, ya que está descargándose el condensador que, un instante antes, se estaba cargando, lo que implica que la corriente se adelanta 90° respecto a la tensión aplicada (cuando la tensión pasa por un máximo, la corriente pasa por un mínimo).

El desfase de 90° solamente se da si el circuito es capacitivo puro, es decir, sin ninguna resistencia asociada a él (figura 3.58).

Un condensador presenta una *reactancia capacitiva* al paso de la corriente que depende de la capacidad y de la frecuencia. Esta reactancia es infinita, para la corriente continua $f=0$, y va disminuyendo tal como va aumentando la frecuencia.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

Dado que $2\pi f$ es la pulsación $\omega$, $X_C$ también puede escribirse:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$X_C$ vendrá en ohmios, si $f$ está en Hz y $C$ en faradios ($F$).

Los cálculos en circuitos capacitivos, a los que se les ha aplicado c.a., se hacen mediante la ley de Ohm: $V = X_C \cdot I$

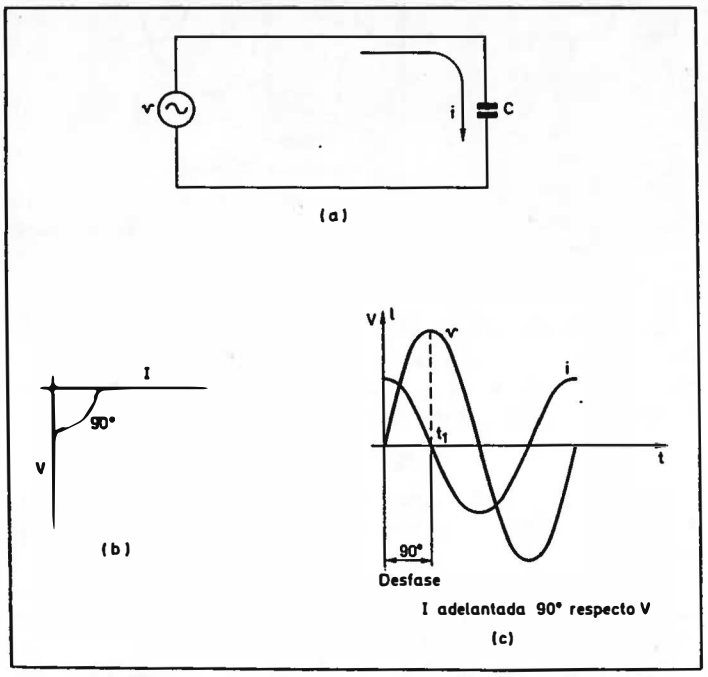



Figura 3.58 Representación vectorial y senoidal de un circuito con capacidad pura. Para $t_1$ la tensión toma el valor máximo y la intensidad el valor mínimo. La corriente está adelantada 90° respecto de la tensión.

### 3.16.4 Circuito serie RLC

En la práctica los circuitos electrónicos están compuestos por elementos activos y pasivos y estos últimos no siempre se pueden separar formando circuitos simples, como los estudiados hasta ahora. El caso más general que se puede plantear, en un circuito pasivo serie, es que esté compuesto por los tres componentes básicos (RLC). Por tanto, se producirán en él todos los efectos descritos en los apartados anteriores (figura 3.59).

*Impedancia del circuito*

Puesto que en el mismo circuito existen dos componentes ($C$ y $L$), en que sus efectos son opuestos, la expresión más general de la impedancia será:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Véase en esta expresión que, si $X_L = \omega L$ es muy pequeña comparada con $X_C = 1/\omega C$, el circuito tendrá una parte reactiva de carácter capacitivo y se comportará como un circuito RC. Si, por el contrario, $X_C$ es menor que $X_L$, el circuito se comportará inductivamente.

El *triángulo de impedancias* de la figura 3.59*a,b* y *c*, aclaran estas tres condiciones.

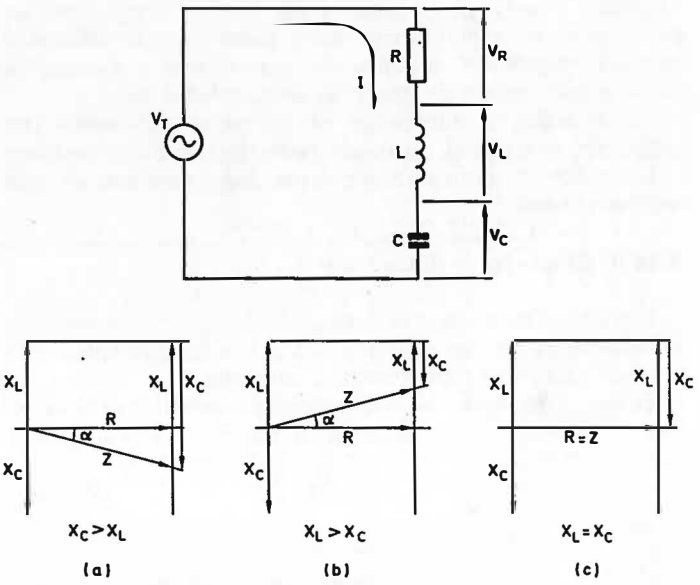



Figura 3.59 Circuito RLC serie. En este circuito se pueden dar tres condiciones, representadas en los apartados *a*), *b*) y *c*).

## 3.17 RESONANCIA SERIE

Se dice que un circuito RLC está en resonancia, cuando la tensión aplicada está en fase con la corriente que circula por el circuito.

De esta forma, se puede afirmar que la impedancia es igual a su resistencia óhmica, o lo que es lo mismo, la reactancia inductiva del circuito es igual a la reactancia capacitiva (que al ser de signo opuesto, se anulan).

### 3.17.1 Frecuencia de resonancia

En cualquier circuito, la condición de resonancia se dará cuando haya una frecuencia tal que haga que la reactancia inductiva ($X_L$) sea igual a la reactancia capacitiva ($X_C$). A esta frecuencia se la denomina de resonancia ($f_0$):

$$X_L = X_C$$

siendo $X_L = 2\,\pi\,f_0\,L$ y $X_C = \dfrac{1}{2\pi f_0 C}$ y por tanto:

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

despejando $f_0$

$$f_0^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 \cdot L \cdot C}$$

Extrayendo la raíz cuadrada a ambos lados de la igualdad queda:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Características importantes de este circuito son: la impedancia o resistencia total es igual a la resistencia óhmica por anularse entre sí los componentes reactivos del condensador y de la bobina.

De ello se puede deducir que a la frecuencia de resonancia la intensidad es máxima, puesto que

$$I = \frac{V}{Z}$$

### 3.17.2 Factor de calidad

El factor de calidad expresa la relación entre la reactancia y la resistencia de pérdidas:

$$Q = \frac{X_L}{R_T}$$

siendo $R_T$ la suma de todas las resistencias existentes en el circuito serie.

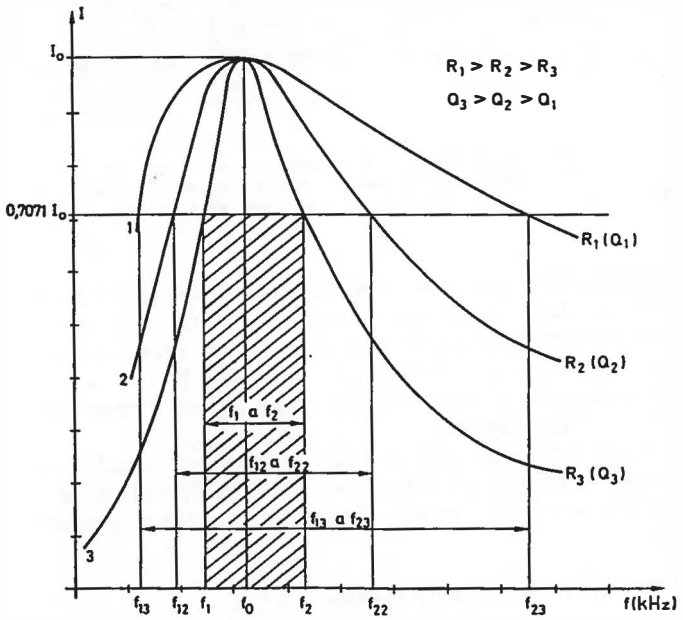



Figura 3.60 Curvas de respuesta de un circuito resonante serie y ancho de banda según el valor de su resistencia óhmica.

El factor de calidad es un número abstracto que indica la «pureza» del circuito resonante.

### 3.17.3 Ancho de banda

Se define como ancho de banda, a la diferencia de las frecuencias, en las cuales la potencia disipada ($I^2R$) por el circuito, es la mitad de la disipada a la frecuencia de resonancia ($f_0$).

En la figura 3.60 se pueden observar tres puntos importantes: uno, el correspondiente a 0; y dos a ambos lados de éste, que corresponden a 0,707 $I_0$, o sea, potencia mitad, como se puede comprobar

$$P = R\,I^2$$

$$\frac{1}{2}P = R\,(0{,}707\,I_0)^2 = 0{,}499\,I_0^2 R$$

El ancho de banda da idea de la selectividad de un circuito, esto es, de las frecuencias que deja pasar; el $Q$ relacionado con él indica la «agudeza» de la curva de respuesta; a mayor $Q$, más aguda la curva.

El ancho de banda también recibe el nombre de *banda pasante*.

En la figura 3.60 se ha rayado la banda pasante correspondiente a un circuito resonante cuyo factor de calidad es $Q_3$ y la banda pasante $f_2 - f_1$.

## 3.18 RESONANCIA PARALELO

Las condiciones para la resonancia son las mismas para el circuito paralelo que para el serie, es decir cuando la tensión y la intensidad del circuito están en fase; a este circuito también se le denomina *circuito tanque*.

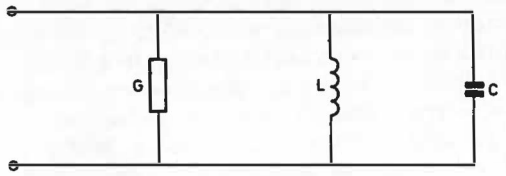



Figura 3.61 Circuito resonante RLC paralelo, también llamado «circuito tanque».

En la figura 3.61 se representa un circuito paralelo, que por análogos razonamientos a los de apartados anteriores se llega a demostrar que la frecuencia de resonancia es:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

La figura 3.62 muestra la curva de respuesta de un circuito paralelo.

Para frecuencias bajas el condensador presentaría una oposición muy elevada con lo que predomina la $X_C$ frente a $X_L$ y la corriente pasará preferentemente por la bobina.

A frecuencias muy elevadas la corriente circulará por el condensador por que la bobina presentará una oposición demasiado grande para que pueda pasar la corriente.

Sin embargo, a la frecuencia de resonancia, el conjunto se comporta como si se tratara de una *reactancia infinita* e impide totalmente el paso de esta frecuencia; es como un circuito abierto.

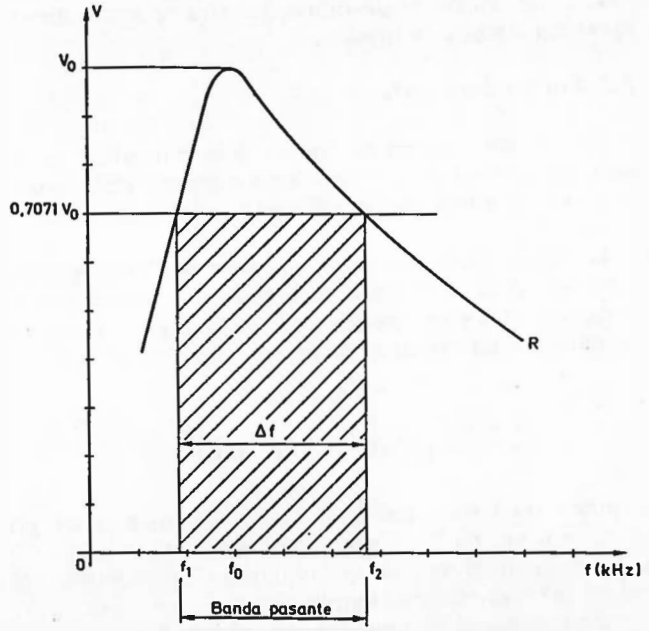



Figura 3.62 Curva de respuesta de un circuito resonante paralelo; Δf es el ancho de banda de este circuito y está comprendido entre $f_2$ y $f_1$.

En la tabla 3.5 se muestran las características más importantes de un circuito resonante serie y paralelo.

## 3.19 FILTROS

Un filtro es un dispositivo eléctrico capaz de seleccionar (dejar pasar) una determinada frecuencia o banda de frecuencias, atenuando las demás.

El funcionamiento de un filtro está basado en la mayor o menor reactancia de un condensador al disminuir o aumentar, respectivamente la frecuencia que se le aplica.

La bobina será otro de los componentes integrantes de un filtro, puesto que también aumenta su reactancia si la frecuencia aumenta y disminuye si la frecuencia disminuye.

Los filtros son *activos* si están formados por circuitos electrónicos a base de transistores, circuitos integrados, etc.; y son *pasivos* si están formados por la asociación exclusiva de resistencias, condensadores y bobinas.

Los principales tipos de filtros son: *de paso bajo, de paso alto, de paso de banda* y *de supresión de banda.*

| | *Circuito RLC serie* | *Circuito RLC paralelo* |
|---|---|---|
| Frecuencia de resonancia | $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ | $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ |
| Impedancia (Z) en la resonancia | Muy pequeña | Muy grande |
| $V_{LC}$ en la resonancia (tensión en los extremos de LC) | Mínima | Máxima |
| $I_0$ por el circuito en resonancia | Muy grande | Muy pequeña |

Tabla 3.5 Cuadro comparativo de circuitos resonantes serie y paralelo.

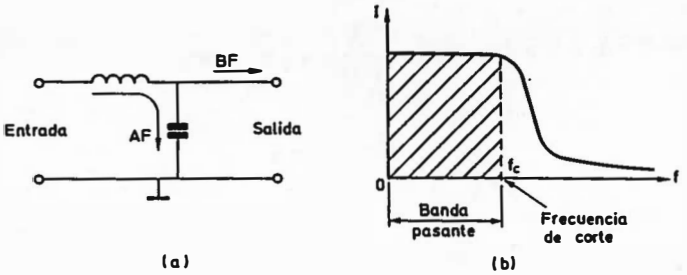



Figura 3.63 *a*) Filtro de paso bajo; *b*) Curva de respuesta. Obsérvese cómo son atenuadas las altas frecuencias.

### 3.19.1 Filtro de paso bajo

La disposición básica adoptada por un filtro de paso bajo es la que se muestra en la figura 3.63*a*. Se coloca una o más bobinas en serie y en paralelo uno o más condensadores.

Su comportamiento es el siguiente: para frecuencias bajas, la bobina ofrece una oposición mínima a su paso, mientras que el condensador se opone en gran medida. No obstante, a frecuencias muy elevadas, la bobina constituye una gran dificultad, mientras que el condensador favorece el paso por él.

De lo expuesto anteriormente se deduce el gráfico de la figura 3.63*b*.

### 3.19.2 Filtro de paso alto

Es el caso opuesto al anterior ya que permite seleccionar las frecuencias altas, atenuando las bajas.

El filtro de paso alto más sencillo es el representado en la figura 3.64*a*, formado por un condensador en el circuito serie y una bobina en la rama paralelo.

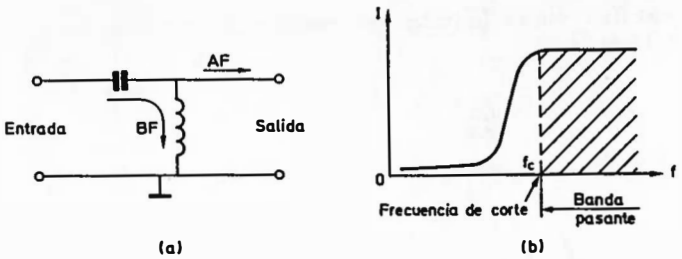



Figura 3.64 *a*) Filtro de paso alto. Como puede verse, la posición de los elementos se ha invertido (inductancia y capacidad), por lo que, ahora, son las altas frecuencias las que pasan; esto lo demuestra el gráfico *b*).

Al invertir la colocación de los componentes, respecto al filtro de paso bajo, las bajas frecuencias encuentran una gran reactancia en el condensador que se comporta prácticamente como un aislante, atenuando el extremo inferior de la banda; sin embargo, estas frecuencias pasarían muy bien por la bobina en derivación.

La inductancia y la capacidad dependen de la impedancia o resistencia de la carga y de la frecuencia de corte deseada.

En la figura 3.64*b* se muestra la curva de respuesta de este circuito.

### 3.19.3 Filtro de paso de banda

Un filtro de paso de banda como el que se ha representado en la figura 3.65*a* tiene por objeto permitir el paso de

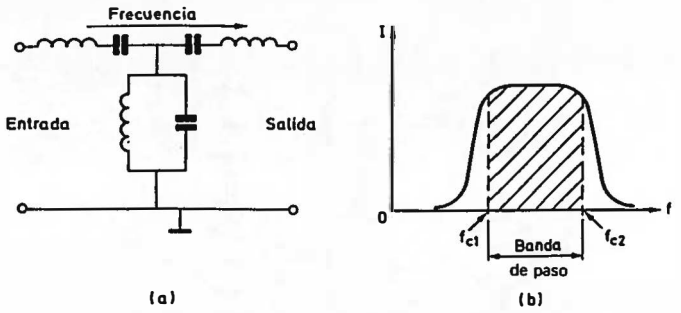



Figura 3.65 *a*) Filtro de paso de banda. La sección en paralelo es un circuito resonante a la gama de frecuencias que se desea hacer pasar; ofrece un paso fácil a todas las demás frecuencias, y, por tanto, las atenúa. Las secciones en serie también son resonantes a la banda deseada a la salida; representan un obstáculo a todas las frecuencias excepto a aquéllas de la banda pasante. En (*b*) se reproduce el efecto del filtro.

corrientes cuyas frecuencias están contenidas dentro de una gama continua limitada por un valor máximo y por un valor mínimo (frecuencias de corte).

En este tipo de filtro, la sección en derivación (shunt) es un circuito resonante en paralelo, el cual queda sintonizado a las frecuencias de la gama deseada, es decir, en la que deben dejarse pasar. Las secciones en serie son otros tantos circuitos resonantes en serie a las mismas frecuencias.

De esta forma, se opone una alta impedancia a todas las frecuencias que están por encima y por debajo de la gama escogida. El resultado es que tan sólo la banda de frecuencia deseada pasa a través del filtro, mientras que las demás frecuencias son rechazadas. ($f_{c1}$ = frecuencia de corte inferior; $f_{c2}$ = frecuencia de corte superior).

Tal como muestra la figura 3.65 la atenuación es pequeña en los valores próximos a estas frecuencias debido a que la atenuación no es completamente vertical sino que presenta tipo «campana de Gauss».

En este tipo de filtros, son los valores dados a los componentes los que determinan la amplitud de la banda de paso de frecuencias.

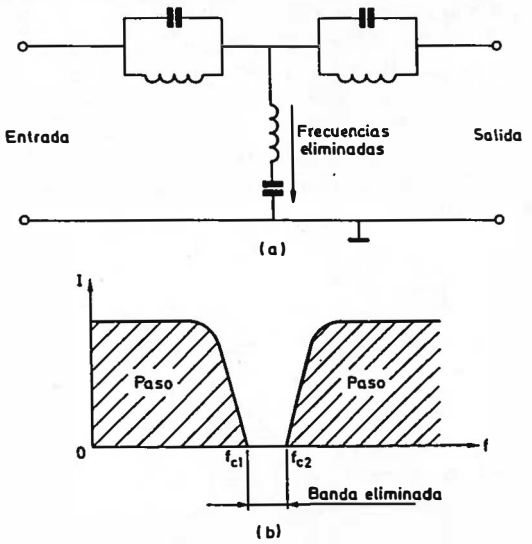



Figura 3.66 *a*) Filtro de supresión de banda. Invirtiendo la disposición de los circuitos resonantes (serie-paralelo) adoptados en el filtro de la figura 3.65, puede obtenerse el efecto contrario, es decir, la eliminación de una banda de frecuencia y el paso de todas las demás, inferiores y superiores. *b*) resultado obtenido a la salida del filtro. Los límites y posición de la banda dependen, naturalmente, de los valores que se hayan tomado.

### 3.19.4 Filtro de supresión de banda

Son filtros que eliminan o atenúan totalmente una banda central de frecuencias, dejando pasar las frecuencias altas y las bajas. Su esquema típico está representado en la figura 3.66*a* y su curva de respuesta en la figura 3.66*b*.

Para la frecuencia central de la banda que se desea suprimir y para las frecuencias próximas, el filtro se comporta como si fuese un cortocircuito a masa. Esta rama presenta una impedancia mínima a estas frecuencias y máxima para las que están por encima o por debajo de la banda en cuestión favoreciendo así que ésta desaparezca a la salida del filtro.

## 3.20 SEMICONDUCTORES

### 3.20.1 Introducción

Si se considera en un primer momento la totalidad de los elementos químicos existentes en la naturaleza y sus respectivos compuestos desde el punto de vista de su conductividad eléctrica, se hallan algunos que presentan muy poca conductividad (aislantes); en cambio, hay otros que presentan una gran conductividad eléctrica, los pertenecientes al grupo de los *conductores*.

Recuérdese que la conductividad eléctrica se define como la facilidad con que un material deja pasar la corriente eléctrica a través de sí mismo.

Sin embargo, entre estos dos grandes grupos descritos se halla un pequeño número de materiales que no pueden considerarse ni conductores ni aislantes, puesto que presentan propiedades típicas de ambos; son los llamados *semiconductores*. Ejemplos de elementos *semiconductores* son el silicio y el germanio, aunque hay otros compuestos que también lo son (figura 3.67).

Observando con atención la estructura cristalina de estos compuestos se ve que el número de electrones en su última órbita es tal que las fuerzas de atracción hacia el núcleo son aproximadamente de igual magnitud que las de repulsión de éste, de donde deriva su cualidad de *semiconductores*.

### 3.20.2 Tipos de semiconductores

A un elemento o material semiconductor se le denomina *intrínseco* cuando se encuentra en estado de total pureza, mientras que se le denomina *extrínseco* cuando se le han añadido impurezas de algún tipo.

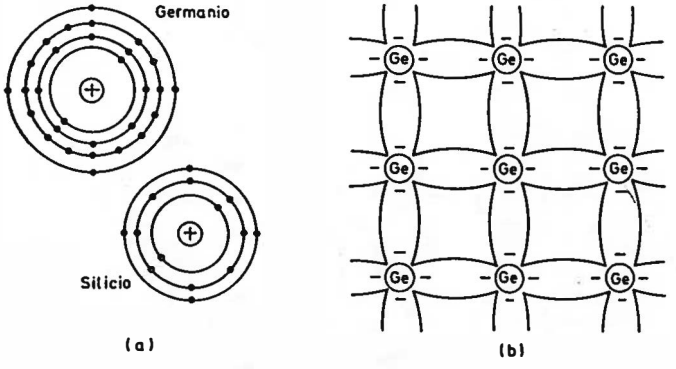



Figura 3.67 *a*) Estructura interna de los átomos de silicio y de germanio; *b*) representación simbólica del enlace covalente.

Veamos ahora con un poco más de detalle algunas de las propiedades básicas de los semiconductores, que posteriormente serán de gran utilidad en el estudio de algunos componentes.

En la figura 3.67, tanto el átomo del silicio como el del germanio se caracterizan por tener cuatro electrones en la última de sus órbitas (capas), es decir, en la órbita denominada *de valencia*. Los electrones de valencia se hallan siempre en la última capa, dependiendo de éstos la forma en que se unen con otros elementos para formar un material compuesto.

Antes de continuar conviene que quede claro que se define por cristal la estructura de un material cualquiera, cuyas moléculas ocupan una posición fija e invariable en el espacio interior del mismo. Se habla entonces de estructura o red cristalina. Se denomina enlace covalente a la forma de unirse entre sí los electrones de los distintos átomos de estos semiconductores, consistente en que los dos electrones que forman parte del enlace son compartidos simultáneamente por los dos átomos a que pertenecen. Por otra parte, es interesante observar que las fuerzas que intervienen para formar dichos enlaces son precisamente las fuerzas que mantienen la estructura cristalina.

Si se cogiera un trozo de material semiconductor intrínseco que estuviera a una temperatura distinta del cero absoluto (−273ºC), se calentara y se midiera simultáneamente su resistencia eléctrica, podría observarse que la corriente que por él circula aumenta; es decir, disminuye su resistencia eléctrica. La explicación de este fenómeno es la siguiente: cuando la temperatura alcanza un cierto valor, la energía que ha sido comunicada a la estructura cristalina es suficiente para que determinados electrones se liberen de sus respectivos enlaces y puedan desplazarse libremente por la estructura. En el momento en que uno de estos electrones ha abandonado su posición correspondiente en el enlace, es evidente que habrá dejado un *hueco*, y puesto que la carga eléctrica sustraída es la de un electrón, puede asociarse al hueco una carga positiva de igual magnitud que la del electrón (figura 3.68).

Por lógica, y dado que el semiconductor se halla en equilibrio eléctrico en el momento del experimento, se ha de suponer que en todo momento existe la misma cantidad de electrones que de huecos en todo el material.

### 3.20.3 Dopado de cristales

Si por cualquier método se consigue introducir un átomo «extraño» en la estructura cristalina del semiconductor (por ejemplo del silicio) y siendo el número de valencia distinto de cuatro, puede suceder que posea un número de electrones superior o bien un número inferior de electrones de valencia.

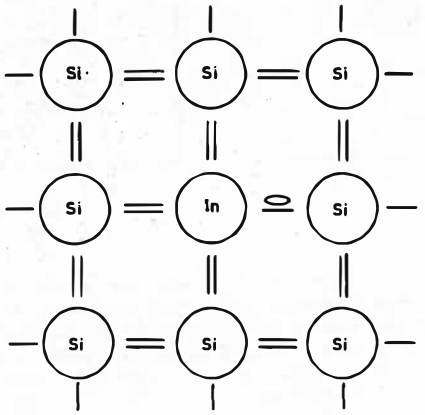



Figura 3.69 Estructura cristalina de un semiconductor de tipo P. Véase el «hueco» introducido por el átomo de indio.

En el caso de que el elemento introducido sea, por ejemplo, el indio, de valencia tres, se tendrá:

*a*) Por un lado la red cristalina; sin embargo ello no es posible debido al simple hecho de que dicho átomo sólo dispone de tres electrones de valencia. Lo que ocurre en este caso es que por cada átomo de *impurezas* faltará un electrón, es decir, habrá un hueco. Al semiconductor *extrínseco* así obtenido se le denomina de tipo P, puesto que presenta abundancia de huecos o «cargas positivas» (figura 3.69).

*b*) En el caso de que el átomo introducido a modo de impureza tenga más de cuatro electrones de valencia, como sería el caso del niobio (valencia 5), el efecto obtenido en el semiconductor extrínseco sería el de un electrón (carga negativa) sobrante por cada átomo de impureza incorporado en la red cristalina. A este tipo de semiconductor extrínseco se le denomina de tipo N, ya que posee abundancia de cargas negativas (figura 3.70).

Al proceso de introducir impurezas en un semiconductor intrínseco se le denomina *dopado* del semiconductor. Los elementos químicos empleados para obtener semiconductores dopados de tipo N se denominan *donadores*, puesto que ceden electrones a la red cristalina, mientras que, los utilizados para obtener semiconductores de tipo P, se denominan *aceptores*.

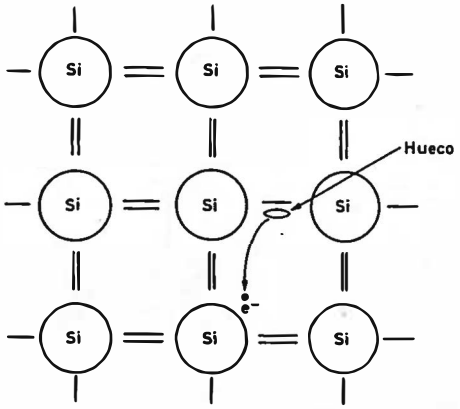



Figura 3.68 Representación gráfica de un «hueco» en una red cristalina de un semiconductor dopado.

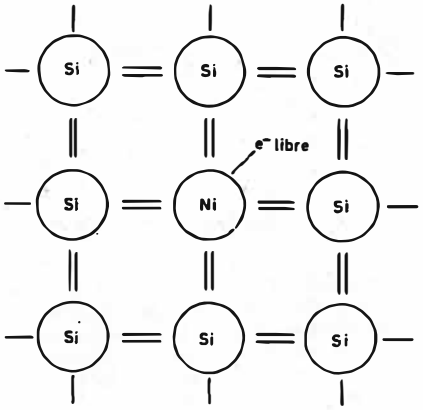



Figura 3.70 Estructura cristalina de un semiconductor de tipo N. Obsérvese el electrón excedente introducido por el átomo de niobio.

## 3.21 UNION PN (DIODO)

Una vez que se dispone de semiconductores de tipos P y N, se podría empezar a experimentar viendo lo que ocurre al unir dos bloques, cada uno de ellos de un tipo distinto, es decir, formar la *unión* PN (figura 3.71).

Cuando los cristales P y N se ponen en contacto, por un lado los electrones de la zona N, y por otro los huecos de la zona P, intentarán recombinarse en la zona de la unión. Sin embargo, tanto los aceptores como los donadores, inmóviles en la estructura cristalina, conllevarán al establecimiento de una diferencia de potencial entre ambos cristales que se denomina *barrera de potencial*

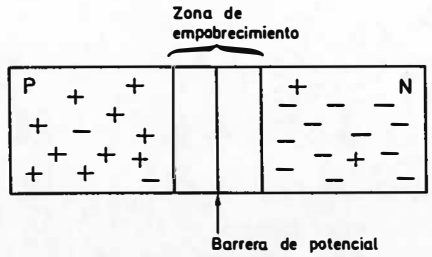



Figura 3.71 Formación de la unión PN mostrando la zona de empobrecimiento o deplexión y la región donde se forma la barrera de potencial.

Antes de proseguir definamos dos nuevos conceptos: los de *portadores mayoritarios* y *portadores minoritarios.*

Se denominan portadores mayoritarios de un cristal semiconductor a las cargas eléctricas (electrones o huecos) cuyo número sea predominante en el cristal bajo estudio, siendo portadores minoritarios aquellos cuyo número sea «minoría».

Así, los huecos serán portadores mayoritarios en un cristal de tipo P, mientras que, serán minoritarios en un cristal N. De igual forma, en un cristal de tipo N los electrones serán portadores mayoritarios y los huecos minoritarios.

Utilizando estos conceptos se puede afirmar que la barrera de potencial queda establecida en la región limítrofe de ambos cristales semiconductores, porque en ellos los portadores mayoritarios que estaban cercanos a la unión se han recombinado entre sí, dejando sus respectivos *iones* en la red cristalina. Son precisamente estos iones los que originan la barrera. Por otra parte, una vez que esta barrera se ha estabilizado, en la zona limítrofe entre ambos cristales la carga eléctrica es nula, debido a la recombinación de los portadores mayoritarios entre sí, razón por la cual ésta recibe también el nombre de *zona de empobrecimiento o de deplexión* (figura 3.71).

Si ahora se aplica una tensión continua entre uno y otro extremo del cristal semiconductor, tal como se indica en la figura 3.72, es decir con el negativo de la pila al cristal P y el positivo al cristal N, se observarán los resultados que analizaremos en párrafos siguientes.

### 3.21.1 Polarización directa e inversa de un diodo

Considerando lo que sucede en el terminal «+» de la pila (figura 3.72), vemos que la corriente (que podemos considerar de huecos) que intentaría circular a través del cristal N estaría formada por portadores minoritarios. Por las mismas razones antes expuestas la zona de deplexión de la unión aumentaría su anchura debido a la tendencia de los portadores mayoritarios en dicho cristal de recombinarse

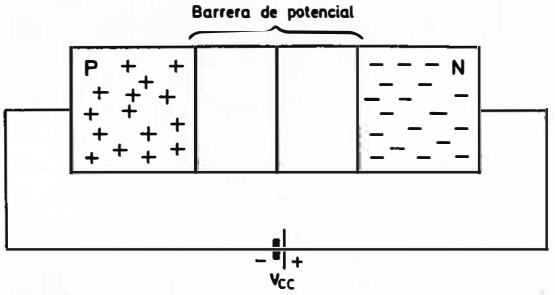



Figura 3.72 Polarización inversa de una unión PN. El polo positivo se aplica al cristal de tipo N, y el negativo al de tipo P. La barrera de potencial aumenta.

con los procedentes de la pila. De esta forma la distancia que deben atravesar los portadores mayoritarios del cristal se hace cada vez mayor. Es evidente que, en caso de circular corriente, sólo lo hará la debida a los portadores minoritarios, y ésta será del orden de unos cuantos microamperios.

A esta corriente inversa se le denomina frecuentemente *corriente inversa de saturación*, y por más que varíe la tensión aplicada, permanece prácticamente constante, siempre y cuando no se alcancen los valores de ruptura del cristal. Con polarización inversa de la unión PN, la corriente producida por los portadores mayoritarios es nula.

Véase lo que sucede al invertir la polaridad de la pila; es decir, conectando el polo positivo al cristal P y el negativo al N (figura 3.73). En primer lugar se observa que ahora los portadores mayoritarios del cristal N (electrones), son del mismo tipo que los portadores de carga del polo correspondiente de la pila, por lo que es de esperar que la corriente en este sentido sea mucho mayor que en el caso anterior.

Si se traza ahora una gráfica con las características correspondientes a las polarizaciones, directa e inversa, de esta unión PN, se obtendría la de la figura 3.74.

En dicha ilustración se puede ver que, a partir de una cierta tensión de umbral, la corriente que atraviesa el cristal crece exponencialmente pudiendo alcanzar valores extremos que pueden llevar a la destrucción del diodo.

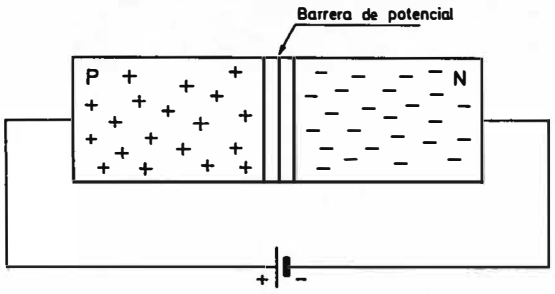



Figura 3.73 Polarización directa de una unión PN. La barrera de potencial se estrecha.

Por otra parte, en la figura 3.74*b* (nótese el cambio de escala con especto a la 3.74*a*), se observa cómo la corriente inversa se corresponde con la de la saturación inversa hasta llegar a un cierto límite en que ésta aumenta bruscamente. Según el tipo de diodo, dicho punto puede significar la tensión de ruptura (destrucción) de la unión PN.

Nunca se deben rebasar los valores máximos de los parámetros facilitados por el fabricante. Para ello es necesario consultar con las correspondientes *hojas de características* (data sheets) de los distintos dispositivos electrónicos con el fin de evitar sorpresas desagradables.

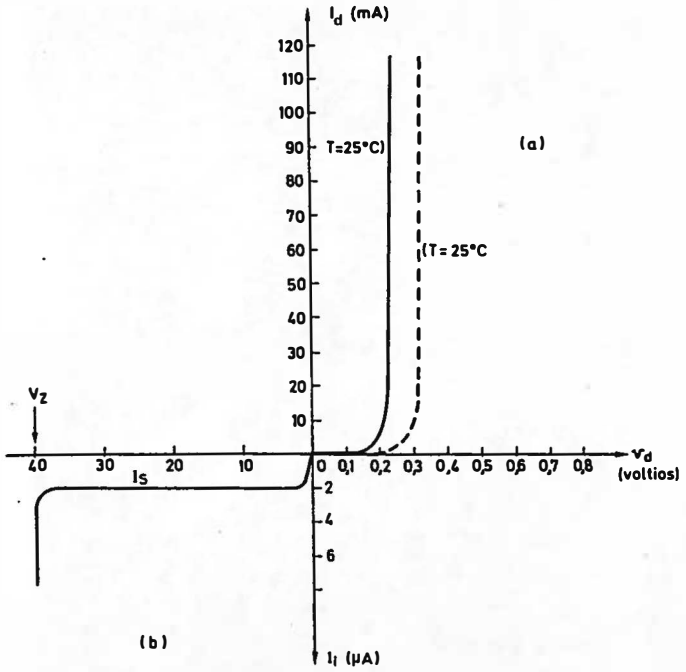



Figura 3.74 Curvas características de un diodo semiconductor; *a*) con polarización directa y *b*) con polarización inversa.

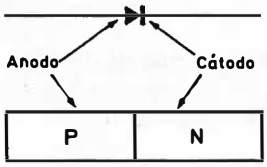
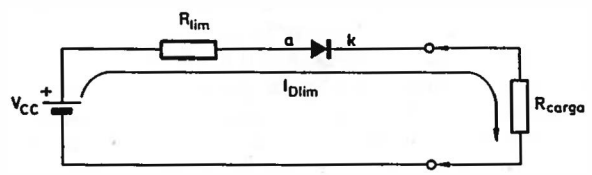



Figura 3.75 Símbolo y nomenclatura de los terminales de un diodo.

Para mayor claridad y eficacia en el trazado de esquemas, los diodos se representan por el símbolo de la figura 3.75.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que siempre se debe conectar en serie con el diodo una resistencia limitadora de corriente. El valor de esta resistencia se ha de calcular de tal forma que, bajo ningún concepto, la corriente que atraviesa el diodo pueda sobrepasar el límite del valor máximo impuesto por el fabricante (figura 3.76), lo que equivale a decir que la resistencia es el cociente entre la tensión y la corriente máximas capaces de soportar el diodo.

La tensión de umbral o tensión mínima de polarización en todo semiconductor es una constante física y está comprendida entre 0,2 y 0,3 V para el germanio, y entre 0,6 y 0,7 V para el silicio, aplicándose con mayor frecuencia los valores de 0,3 y 0,65 voltios respectivamente.




$$R_{lim} \geq \frac{V_{CC}}{I_{Dlim}}$$

Figura 3.76 Forma de calcular la resistencia limitadora de la intensidad de un diodo semiconductor.

Otra observación importante a realizar es que la corriente que atraviesa el diodo tiene una gran dependencia de la temperatura alcanzada por éste. Al aumentar la temperatura también aumenta la $V_t$, lo cual a su vez redunda en que la $I_d$ (corriente en sentido directo a través del diodo) disminuya. Este comportamiento —a mayor temperatura menor paso de corriente— se denomina *coeficiente de temperatura negativo*, respecto de la $I_d$.

Se demuestra experimentalmente que la corriente inversa tiene un comportamiento totalmente distinto, puesto que, al aumentar la temperatura, también aumenta la corriente inversa de saturación ($I_s$). Es decir, presenta un *coeficiente de temperatura positivo*. Se ha comprobado que la corriente inversa de saturación prácticamente doblará su valor por cada incremento de 10°C de temperatura en la unión. Es muy frecuente que un diodo de germanio a la temperatura de 25°C presenta una $I_s$ de 1 o 2 microamperios y a 100°C tenga otra $I_s$ de casi 0,1 mA. Estas variaciones pueden dar al traste con los mejores circuitos si no se han previsto medidas correctoras adecuadas.

### 3.21.2 Hojas de características de un diodo semiconductor

A continuación se va a estudiar con cierto detenimiento una hoja típica de *características* de un diodo de pequeña señal. Lo importante es ver cuáles son los parámetros dados por el fabricante y de qué manera éstos se pueden utilizar para obtener los fines deseados.

En la figura 3.77 se observa que el diodo en estudio es el tipo OA91. Se trata en este caso de un diodo de germanio de punta de contacto (una tecnología de fabricación de diodos que se comentará más adelante), que se suministra en cápsula estándar DO-7 y que ha sido concebido para usos generales.

Las características más importantes del diodo son: que no podrá soportar tensiones continuas inversas superiores a 90 V ($V_R$), ni tensiones repetitivas inversas superiores a 115 V ($V_{RRM}$); que la corriente máxima en sentido directo ($I_F$) no

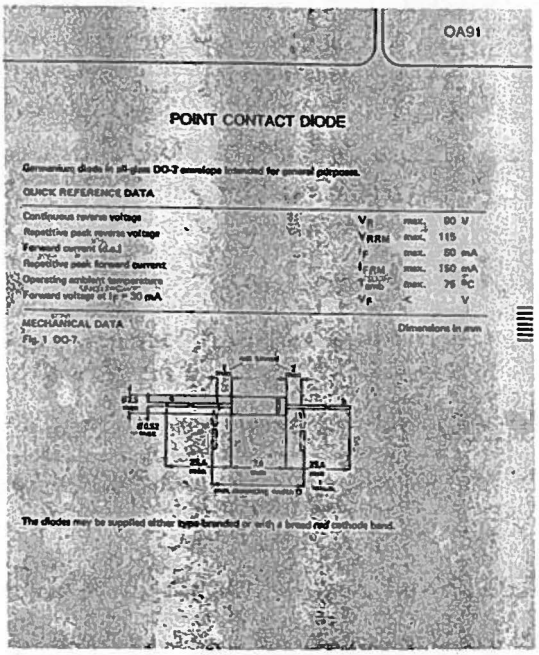



Figura 3.77 Hoja de características técnicas del diodo OA91. Cortesía de Miniwatt, S.A.

podrá sobrepasar 50 mA, ni podrá soportar corrientes positivas repetitivas ($I_{FRM}$) superiores a 150 mA; que la máxima temperatura ambiente de trabajo no deberá superar 75ºC y que la caída de tensión entre el ánodo y el cátodo, para una intensidad en sentido directo de 30 mA, es inferior a 3,3 V.

En este punto es importante destacar que los parámetros referidos a magnitudes «repetitivas», se refieren al régimen de funcionamiento pulsante, es decir, cuando al diodo se le aplican corrientes y/o tensiones pulsantes de forma permanente.

Las explicaciones exactas de cada uno de los parámetros presentados en la hoja de características y la forma de medirlos, normalmente se encuentran al comienzo o al final, de los *libros de características* y varían según el fabricante, por lo que no se detallan aquí.

### 3.21.3 Comprobación de un diodo

A continuación se expone una forma para comprobar si un determinado diodo está en buenas condiciones de funcionamiento. Recordando las características anteriormente descritas de este dispositivo semiconductor, se puede establecer que:

*a*) Si se polariza el diodo inversamente (el + al cátodo), la corriente que por él circula es mínima, o lo que es lo mismo, su resistencia al paso de la corriente es muy elevada.

*b*) Si se polariza directamente (el + al ánodo), su resistencia es muy pequeña, es decir, fácilmente permite el paso de la corriente.

Pues bien, lo único que se necesita es un *óhmetro*, o un *multímetro* capaz de medir resistencias que se dispondrá en la escala para medir resistencias bajas (hasta unos 500 ohmios). A continuación se han de tomar dos medidas:

Primera: Con la punta positiva al ánodo y la negativa al cátodo del diodo se deberá medir una resistencia relativamente baja, del orden de los 15 a 80 o 90 ohmios (figura 3.78).

Segunda: Intercambiando las puntas del instrumento en el diodo, la resistencia leída deberá ser muy alta, del orden de los 100 kΩ o más.

Si cualquiera de estas dos medidas no diera el resultado descrito, se puede afirmar que el diodo no sirve como tal. Sin embargo, se debe destacar que no se pueden comprobar de la forma indicada, cualquier tipo de diodo. Este proceso sólo es válido para los diodos «rectificadores», que se describirán con mayor detalle más adelante.

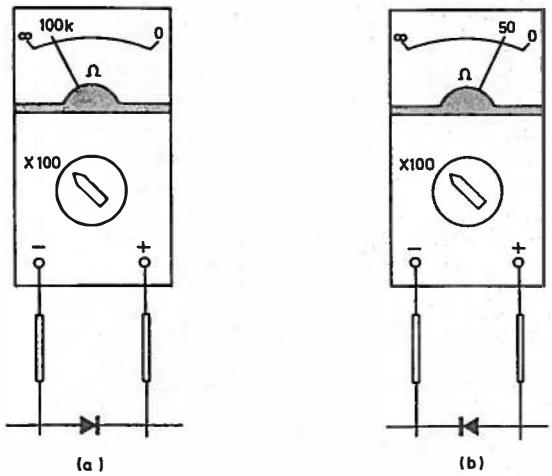



Figura 3.78 Forma de comprobar un diodo semiconductor mediante la utilización de un óhmetro; *a*) polarización inversa, su resistencia interna es alta. *b*) polarización directa, su resistencia interna es baja.

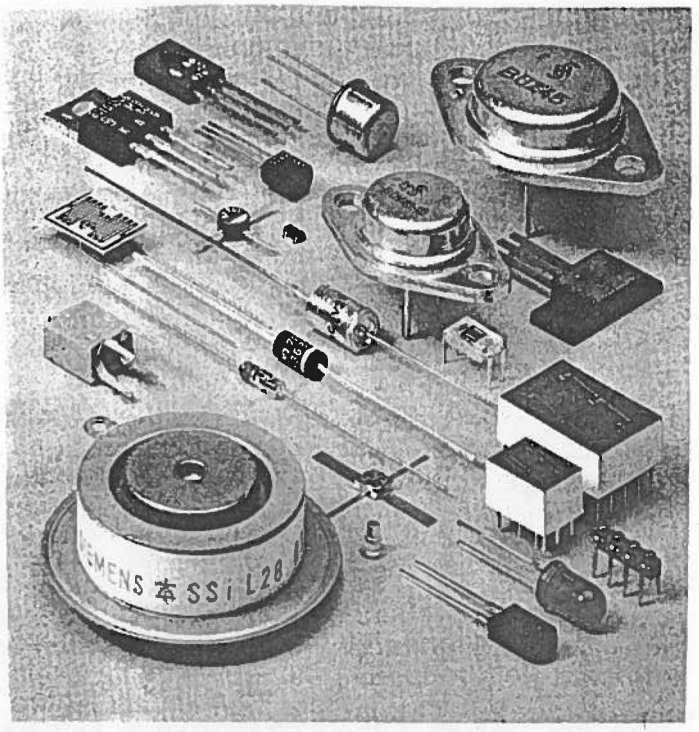


Figura 3.79 Diodos para pequeña señal, y para media y gran potencia. Ejemplares típicos que se hallan en el mercado.

## 3.22 CLASIFICACION DE LOS DIODOS SEMICONDUCTORES

En primer lugar hay que distinguir entre diodos de *pequeña señal* y diodos de *potencia*. Como es lógico, las características de unos y otros variarán aunque los principios por los que se rigen sean los mismos en cada caso.

Los diodos de pequeña señal se caracterizan exteriormente por su menor tamaño; los parámetros físicos y eléctricos han sido optimizados para trabajar con señales de poca potencia.

Los diodos de potencia han sido optimizados para que sean capaces de soportar altas potencias, tanto en sentido directo como en inverso. El tamaño denota claramente su capacidad para trabajar a altas potencias, que pueden alcanzar perfectamente más de 10 kW. En conducción, la resistencia de un diodo de potencia es notablemente menor que la de un diodo de pequeña señal. El comportamiento de un diodo de pequeña señal respecto a la alta frecuencia, es notablemente mejor que el de un diodo de potencia; la mayor parte de éstos no pueden funcionar con frecuencias superiores a algunos kilohercios (figura 3.79).

Según la tecnología empleada para su fabricación, se pueden clasificar en dos grandes grupos: diodos de *puntas de contacto* y diodos de *unión*. Se debe aclarar en este punto que esta clasificación es un tanto arbitraria, puesto que la inmensa mayoría de los diodos corresponden a la segunda categoría; las subclasificaciones de ésta son mucho más numerosas.

El diodo de puntas de contacto, cuya estructura esquemática se muestra en la figura 3.80, se obtiene colocando el

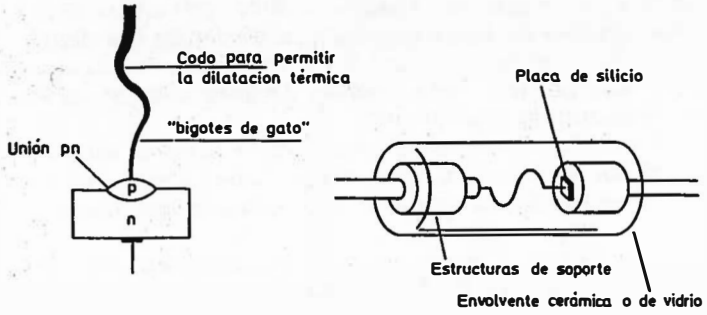



Figura 3.80 Representación gráfica de un diodo a puntas de contacto. Esta construcción también recibe el nombre de «bigotes de gato».

contacto metálico de una finísima punta metálica (elástica) sobre la zona P del diodo. Dicha punta se apoya elásticamente a presión sobre el cristal, y recibe el nombre de «bigotes de gato» (cat's whiskers). La unión del cristal *N* se lleva a cabo mediante el procedimiento habitual de deposición de una capa metálica sobre la superficie del semiconductor. Las aplicaciones de este tipo de diodos normalmente se encuentran en el campo de las altas frecuencias debido a que la capacidad formada en la zona de unión (capacidad intrínseca) es muy pequeña, lo que conlleva un nivel de pérdidas en dichas frecuencias.

El segundo tipo de diodos semiconductores lo constituye toda la gama de los llamados *diodos de unión* que, al contrario de lo que ocurre con el diodo de puntas de contacto, la unión de los cristales P y N entre sí, y de éstos con sus terminales se produce en toda una superficie.

Pero, tal y como ya se ha comentado, las formas de realizar dicha unión son muchas y muy variadas, pudiéndose citar entre las más importantes las producidas por procesos tales como epitaxia, difusión, aleación, etc.

### 3.22.1 Diodos PIN

Estos diodos se fabrican intercalando una fina capa de aislante entre las zonas P y N que se encuentran en este caso fuertemente dopadas. El nombre de este diodo (PIN) se deriva de su estructura, a cuya descripción en inglés (P-Insulator-N diode) corresponden estas iniciales.

Sin entrar en consideraciones técnicas, se puede afirmar que cuando a un diodo PIN se le polariza inversamente, su comportamiento es idéntico al de un diodo de pequeña señal de baja capacidad intrínseca, mientras que si está polarizado directamente y trabaja con altas frecuencias (en microondas) se comporta como una impedancia controlada por la tensión aplicada entre sus bornes.

La aplicación básica de estos diodos consiste en utilizarlos como un «interruptor» de muy alta velocidad controlado por tensión. Los tiempos de conmutación son del orden del microsegundo aunque, en casos especiales, pueden ser menores.

### 3.22.2 Diodos IMPATT

La denominación de estos diodos no proviene de su estructura interna sino de su comportamiento. Su estructura interna es análoga a la de un diodo PIN, aunque existen también versiones con cuatro capas (PNPN).

Su funcionamiento está basado en los principios de avalancha de impacto y tiempos de transición (IMPact Avalanche and Transit Time). Es muy parecido a un dispositivo a válvula denominado Klystron.

Estos dispositivos se aplican en osciladores de muy alta frecuencia (por encima de 1000 MHz), y en potencias medias.

### 3.22.3 Diodos de tipo GUNN

Se caracterizan por disponer de una gráfica de tensión-corriente que presenta tres zonas claramente delimitadas: en la primera, el comportamiento del diodo es parecido al de una resistencia de bajo valor óhmico; en la segunda, la pendiente de la gráfica V-I se hace negativa (lo cual indica un comportamiento dinámico de generador) y en la tercera los valores de la curva se asemejan de nuevo a los de la primera.

El diodo GUNN se construye haciendo dos contactos óhmicos a sendos lados de un semiconductor unipolar con unas características de dopado especiales. Esta es precisamente la razón de su comportamiento resistivo en algunos tramos de su curva característica. La principal aplicación de los diodos GUNN se halla en los osciladores para microondas, que por regla general tienen frecuencias comprendidas entre 800 MHz y 10 GHz.

### 3.22.4 Diodos Túnel

Este tipo de diodos fueron descubiertos por L. Esaki a finales de la década de los cincuenta, presentan una gráfica tensión-corriente similar a los GUNN; sin embargo, su funcionamiento y estructura son totalmente distintas y están basados en principios diferentes.

En la figura 3.81 aparece el símbolo gráfico del diodo túnel, así como la característica típica de éste.

El principio de funcionamiento es el siguiente: en una unión bipolar de cristales P y N fuertemente dopados, la conducción a través del diodo así formado se realiza mediante un proceso «de túnel».

En electrónica cuántica se define como proceso túnel el hecho de que una determinada partícula salte de un nivel

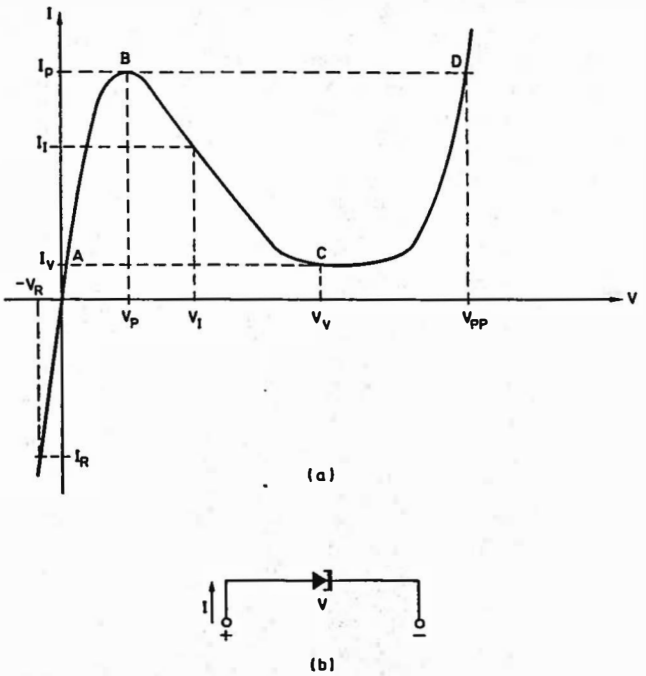



Figura 3.81 *a*) Curva característica tensión-corriente de un diodo túnel; *b*) Símbolo.

energético a otro sin pasar por los estadios intermedios que pudieran existir.

Las aplicaciones generales de estos tipos de diodos se hallan en los circuitos osciladores de medias, altas y muy altas frecuencias, según el tipo utilizado.

### 3.22.5 Diodos Varicap

Son especialmente útiles en osciladores de alta frecuencia controlados por tensión, sintonizadores, etc. Este tipo de diodos está basado en que cualquier diodo polarizado inversamente, al que se le aplique una corriente alterna, denota entre sus electrodos una pequeña capacidad (del orden de varios picofaradios). Los diodos Varicap son, por ello, diodos «normales» en los que, mediante los procesos adecuados, se ha potenciado dicha capacidad.

Una característica fundamental de este diodo es que el valor de su capacidad depende de la tensión inversa aplicada, siendo inversamente proporcional a la misma, es decir, cuanto *mayor sea la tensión aplicada menor será su capacidad, y viceversa.*

Para el estudio de los Varicap la gráfica tensión-corriente no es significativa, y se sustituye por la de una gráfica tensión inversa/capacidad de la unión, tal como la que se muestra en la figura 3.82.

La mayor parte de los sintonizadores digitales y los «de botón» de que constan muchos radiorreceptores actuales están diseñados con diodos varicap. También se utilizan en moduladores de frecuencia, filtros de paso de banda, amplificadores paramétricos, etc.

### 3.22.6 Diodos Schottky

Corresponden estos diodos a una estructura totalmente distinta a las hasta ahora estudiadas. Si bien hemos considerado un diodo como la unión de un semiconductor de tipo P con otro tipo N, en este caso se trata de una *unión metálica* (por lo general un óxido metálico) con un cristal N.

Su principio de funcionamiento, a diferencia del diodo convencional, se basa en que los únicos portadores de carga eléctrica, y por tanto responsables de la circulación de la corriente, son los mayoritarios.

A los diodos Schottky se les denomina también «diodos de portadores calientes» (hot carrier diode) y su principal aplicación se halla en circuitos integrados para alta frecuencia.

En la figura 3.83 se muestra esquemáticamente la estructura interna de un diodo Schottky.

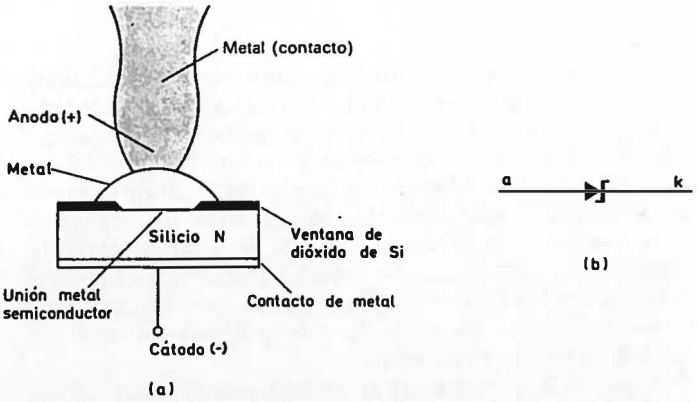



Figura 3.83 *a*) Estructura interna de un diodo Schottky en representación esquemática; *b*) Símbolo de este tipo de diodo.

### 3.22.7 Fotodiodos

Los fotodiodos precisan una tensión de polarización aplicada en sentido inverso, negativo al ánodo, positivo al cátodo (figura 3.84).

La tensión de polarización influye en el valor capacitivo del dispositivo; a un aumento de esta tensión corresponde a una disminución de la capacidad, lo que implica una disminución de los tiempos de conmutación, disminuyendo la posibilidad de funcionamiento, a frecuencias elevadas.

En ausencia de luz circula una pequeña corriente inversa, llamada «corriente de oscuridad», lo que representa un elemento de perturbación, por lo que se tiende a reducirla al mínimo. Esto se consigue haciendo que la superficie de la capa de separación sea pequeña.

Una de las ventajas del fotodiodo es su especial adaptación a las entradas de alta impedancia de los amplificadores.

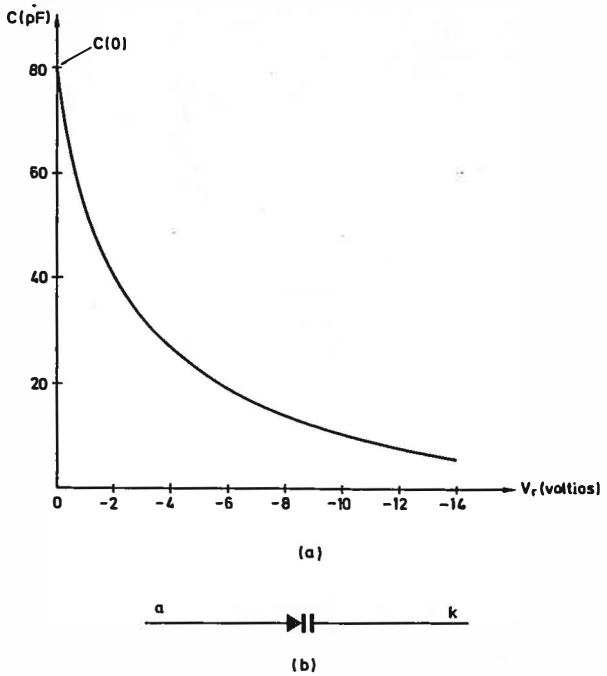



Figura 3.82 *a*) Gráfica tensión inversa-capacidad de la unión (en pF) de un diodo Varicap; *b*) Símbolo de este tipo de diodos.

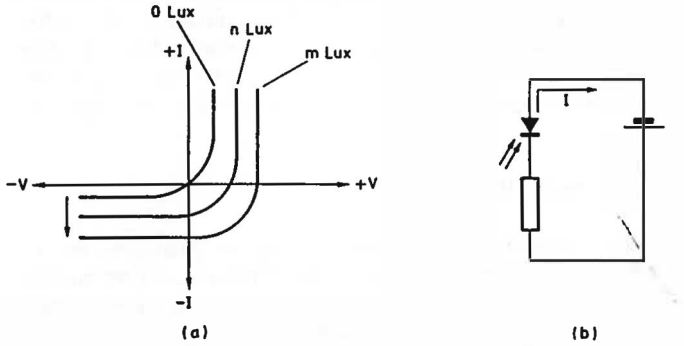



Figura 3.84 El fotodiodo, por ser una unión polarizada, tiene unas características de variación de corriente en función de la variación de tensión y de iluminación en el tercer cuadrante. El diodo no polarizado (fotovoltaico) tiene las características correspondientes al primer cuadrante.

Los fotodiodos se emplean frecuentemente en el campo de la luz visible; pueden llegar a una velocidad de respuesta de 100 nanosegundos, por lo que pueden competir —incluso por su elevada ganancia— con los dispositivos conocidos como *fotomultiplicadores*, de coste y necesidades de alimentación mucho más elevadas.

En la figura 3.84 vemos los cuatro cuadrantes en los cuales se trazan las curvas estáticas corriente-tensión, en este caso las correspondientes a la unión. Cuando ésta se polariza inversamente, el cuadrante que interesa, como se ve, es el tercero.

Sin iluminación (cero lux), la curva es la normal de bloqueo del diodo. La curva de la corriente fotoeléctrica generada en función de la tensión inversa aplicada a la unión es prácticamente paralela al eje horizontal, según se ve en la figura para dos intensidades luminosas distintas (nlux y mlux).

### 3.22.8 Diodos LED (emisores de luz)

Los diodos emisores de luz (Light Emitting Diodes) son fruto de un posterior desarrollo de los diodos normales. Se observó que, bajo determinadas circunstancias, los diodos eran capaces de emitir luz propia, debido a fenómenos cuánticos ocurridos en su interior y posteriormente se desarrollaron métodos que permitieron el aprovechamiento de esa emisión lumínica en todo tipo de indicadores, visualizadores, etc.

Para que un LED funcione correctamente es necesario que esté polarizado directamente. Las intensidades típicas de funcionamiento son del orden de 10 a 120 mA, según el tipo. Su símbolo está representado en la figura 3.85.

También cabe destacar que hay determinados tipos de LED capaces de soportar altas intensidades sin que se estropeen. Tienen la particularidad de que cuando la densidad de corriente que atraviesa la unión supera el umbral de aproximadamente 500 A por milímetro cuadrado, se produce un efecto óptico que consiste en que la luz emitida es *coherente* y monocromática, es decir, es luz *LASER*. A este tipo de diodos capaces de trabajar en dichas regiones se les denomina *diodos LASER* y sus aplicaciones básicas se hallan en el campo de las microondas, en comunicaciones por fibras ópticas, etc.

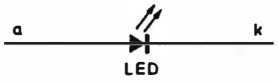



Figura 3.85 Símbolo gráfico que representa a un diodo electroluminiscente, también llamado LED.

### 3.22.9 Diodos rectificadores

En este apartado se va a afrontar el estudio y aplicación práctica de los diodos rectificadores y zener, que son los más comúnmente utilizados, si bien obviaremos entrar en el terreno de las fuentes de alimentación, a cuyo tema se dedica el capítulo 5 de esta obra.

Hasta el momento todos los montajes con diodos se habían realizado mediante baterías, es decir, con corriente continua. Al conectar, en lugar de la batería, un generador de corriente alterna, se observa que en la salida, entre los extremos de la carga ($R_L$) sólo aparecerá una tensión positiva pulsante (figura 3.86). En el semiciclo negativo el diodo queda polarizado inversamente y no puede conducir.

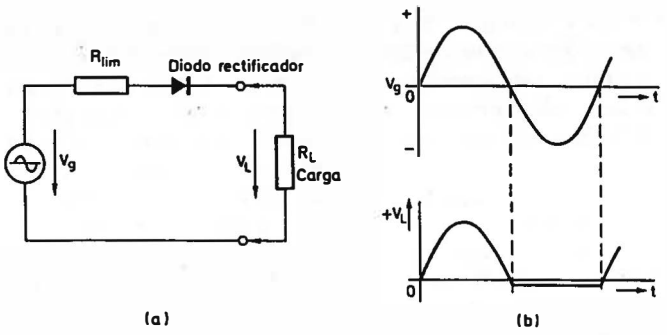



Figura 3.86 *a*) Esquema de un rectificador de media onda con un diodo semiconductor. *b*) Formas de onda en la entrada y en la salida (en la carga).

Este comportamiento es lógico si se recuerda la característica tensión corriente del diodo (figura 3.74).

A esta transformación que ha sufrido la corriente alterna del generador se le denomina *rectificación de la corriente alterna*, y constituye la base de todo tipo de fuentes de alimentación.

Dado que el circuito mostrado en la figura 3.86 sólo deja pasar media onda, se le denomina circuito *rectificador de media onda*.

En cambio, si se desea obtener una rectificación completa de la tensión senoidal existente en la entrada, se puede aplicar cualquiera de los dos circuitos mostrados en la figura 3.87 *a* y *b*, cuyo estudio se afrontará en el capítulo 5.

### 3.22.10 Diodo Zener estabilizador de tensión

Un diodo Zener es un diodo realizado con una unión PN muy abrupta entre dos zonas fuertemente dopadas. Cuando se polariza en sentido directo, este diodo es conductor con las mismas características que un diodo clásico. Por el contrario, cuando se polariza en sentido inverso, la corriente aparece muy bruscamente más allá de una tensión relativamente reducida, entre algunos voltios y algunas decenas de voltios.

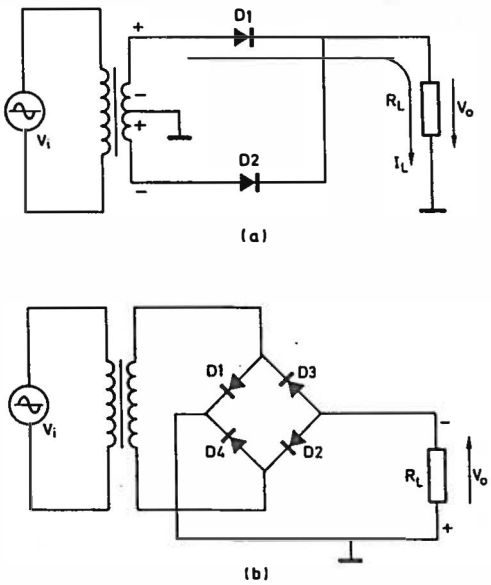



Figura 3.87 *a*) Esquema de un circuito rectificador de onda completa mediante dos diodos, transformador con toma intermedia en el secundario y sin resistencias limitadoras de protección; *b*) circuito rectificador de onda completa en puente de Graetz.

En este régimen de funcionamiento, normalmente se utiliza el Zener como elemento regulador de tensión.

La gráfica representada en el tercer cuadrante de la figura 3.88 determina el funcionamiento de este diodo: cuando se polariza el Zener inversamente y mientras la tensión inversa entre sus terminales no alcance un determinado valor umbral, la corriente que lo atraviesa es mínima. Sin embargo, a partir de la tensión umbral ($V_z$), un ligero aumento en la tensión inversa aplicada a sus terminales produce un incremento notable de corriente. Nótese que dicho paso de corriente se efectúa en el sentido contrario al de un diodo rectificador normal.

En otras palabras el diodo Zener tiende a mantener un nivel de tensión constante, a partir de aquel momento en que la tensión entre sus terminales supera un cierto valor umbral, conocido también con el nombre de tensión Zener ($V_z$). Además, es importante notar que si la corriente que se hace pasar por el Zener, a la tensión umbral, es muy pequeña (del orden de la que lo atraviesa antes de llegar a alcanzar dicho valor de tensión) el resultado es que no ocurre ningún tipo de estabilización de la tensión. Es decir, se requiere el paso de una *intensidad mínima* a través del diodo para que la tensión se mantenga estable en el valor $V_z$.

La tensión Zener es distinta para cada tipo de diodo, y de nuevo aquí es necesario observar las características dadas por el fabricante para evaluar el comportamiento de un dispositivo dado.

La potencia máxima que puede disipar un diodo determina la corriente máxima $I_{zM}$ que puede regular, sin que la unión llegue a temperaturas peligrosas. Hay que tener en cuenta que la potencia aplicada al diodo es el producto de la tensión Zener $V_z$ por la corriente $I_z$.

$$P_z \text{ (máx.)} = I_z \text{ (máx.)}\ V_z$$

Esta potencia disipada en el Zener indica el tipo a elegir.

Para los modelos pequeños, de menos de 1 W, la potencia disipada en la unión es evacuada por convección a partir de la envoltura y por conducción a través de los hilos de conexión. Por esta razón se aconseja limitar al máximo la longitud de las conexiones.

Para potencias superiores, el diodo debe montarse sobre un radiador o disipador de calor (de aluminio pintado de negro).

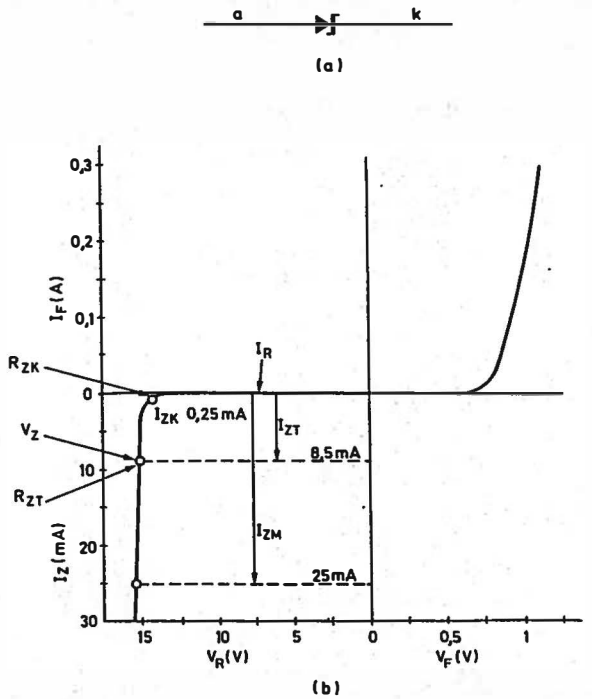



Figura 3.88 *a*) Símbolo del diodo Zener; *b*) Curvas características que relacionan la tensión (positiva y/o negativa) en bornes de un diodo Zener y la corriente que puede atravesarle.

## 3.23 TRANSISTORES

### 3.23.1 Principios básicos

Hasta el momento sólo se ha hablado de dispositivos semiconductores provistos de dos cristales dopados. Sin embargo, existen otros dispositivos en los que se utilizan tres y más zonas de cristal dopado.

Uno de los más conocidos de estos dispositivos «multicristalinos» es el *transistor*. Este dispositivo semiconductor, cuyo nombre deriva de una de sus propiedades más importantes, está compuesto por dos cristales de igual polaridad, entre los cuales hay uno de polaridad distinta, tal como se muestra en la figura 3.89. Los tres electrodos de este dispositivo se denominan *Emisor, Base* y *Colector*, tal y como indican las siglas en la figura.

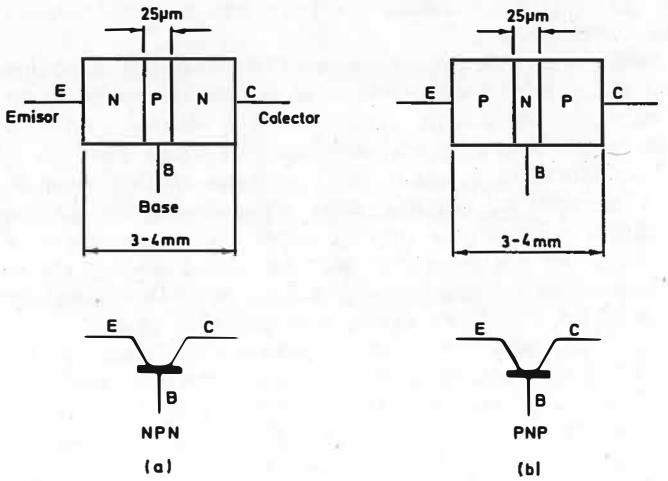



Figura 3.89 Representación esquemática y símbolo de: *a*) un transistor NPN y *b*) de uno PNP.

Tanto el emisor como el colector constituyen cristales fuertemente dopados. Cuando el dispositivo es de dos cristales P y un N se le denomina transistor PNP. Mientras que en caso contrario se le denomina transistor NPN. Las dimensiones, tal como se señala en la figura 3.89 son muy pequeñas, siendo la base de un grueso prácticamente despreciable frente a los cristales del colector y emisor. Los símbolos correspondientes a cada uno de los tipos de transistores también se muestran en la misma figura. La flecha indica el emisor y si ésta va hacia la base significa que el transistor es del tipo PNP mientras que si sale de la misma es NPN.

Al considerar ahora por separado las uniones emisor-base y colector-base, se ve que éstas forman dos diodos de unión normales, con la única particularidad de que la zona P, en el caso del NPN, es común a ambos.

Ahora bien, por definición, para que el transistor ejecute su función de forma adecuada es necesario que una de las uniones esté polarizada en sentido inverso (colector-base) y otra en sentido directo (emisor-base).

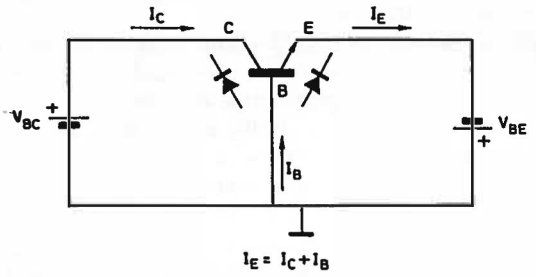



Figura 3.90 Para que un transistor funcione correctamente hay que aplicarle una polarización directa en el diodo emisor-base y otra inversa en el diodo colector-base.

Tratándose de un transistor NPN, tal como se muestra en la figura 3.90, la unión emisor-base se polariza en sentido directo, aplicando el positivo al terminal de base. En estas condiciones, y olvidando por un momento la existencia de la otra unión, la corriente que atraviesa el emisor está constituida fundamentalmente por portadores mayoritarios, en este caso electrones. Por otra parte, ya sabemos que por la unión colector-base sólo pueden fluir portadores minoritarios ya que está polarizada inversamente.

Considerando ahora ambos diodos simultáneamente se ve que la conexión de la batería en el diodo emisor-base (que a partir de ahora se denominará EB) exige que los electrones procedentes del polo negativo de la misma vayan a parar al emisor (E). En el emisor, los electrones procedentes de la batería también son portadores mayoritarios, por lo que tienden a difundirse rápidamente a través de este cristal. Sin embargo, cuando llegan a la base se encuentran que en ésta los electrones son portadores minoritarios.

Para comprender lo que sucede a partir de este momento es necesario recordar que:

*a*) la anchura de la base es muy pequeña.

*b*) el dopado de la base es muy débil con respecto al de los cristales de emisor y colector.

Debido a las razones expuestas, al llegar a la base los electrones procedentes de E no se recombinan con los portadores mayoritarios de ésta (huecos), sino que atraviesan la base y penetran en el colector en donde de nuevo son portadores mayoritarios, alcanzando finalmente el polo positivo de la batería. El fenómeno del paso de los electrones procedentes del emisor, a través de la base, hacia el colector se conoce por el nombre de *inyección* de electrones en el colector.

La explicación del funcionamiento de un transistor PNP es en todo idéntica a la anterior salvo que se han de intercambiar los términos de electrón y hueco, y las polaridades de las baterías han de invertirse.

Lo más importante a recordar de todo lo antedicho, aunque una buena comprensión del tema siempre es deseable, es que: en primer lugar para que el transistor funcione correctamente requiere que su unión colector-base esté polarizada inversamente, mientras que la unión emisor-base ha de estarlo directamente. Se debe recordar asimismo que las intensidades que circulan por el emisor y el colector, son aproximadamente del mismo valor, mientras que la corriente de base es muy pequeña.

A la vista de lo dicho y considerando al transistor como si de un «nudo» se tratara, se obtendrá la relación básica entre las corrientes que por él circulan en todo momento:

$$I_E = I_C + I_B$$

En otras palabras, la suma de las corrientes de base y colector constituyen la corriente de emisor. Esta ecuación es válida para todo transistor (PNP o NPN) y para cualquier valor instantáneo de ellas.

### 3.23.2 Circuito en base común

Observando de nuevo la figura 3.90 se puede afirmar que se trata de un transistor montado en la configuración de *base común*, puesto que la base es común al circuito de emisor y al de colector.

Antes de continuar con el estudio del transistor hacemos un inciso para explicar qué se entiende por amplificación, y cómo se aplica dicha definición al transistor.

Matemáticamente, la amplificación se calcula hallando el cociente entre el valor instantáneo de la señal de salida y el de entrada, según el esquema de la figura 3.91.

También se puede analizar desde el punto de vista de que a la entrada haya una pequeña señal (algunos micro o milivoltios según el caso), y se desea *amplificar*, es decir, aumentar su magnitud física.

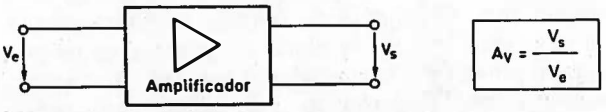



Figura 3.91 Símbolo de un circuito amplificador y la fórmula para calcular la ganancia en tensión del mismo.

En un transistor la amplificación se lleva a cabo de la siguiente forma: una corriente de entrada (base) muy pequeña, controla una corriente mucho mayor (colector) en el circuito de salida. Nótese que es necesaria la circulación de una corriente mayor por el circuito de salida, para que sea posible controlar (variar) ésta según la señal de entrada.

En el circuito de la figura 3.92 se ha tomado como ejemplo un amplificador muy sencillo montado en base común. La resistencia de entrada de este circuito es relativamente baja, comprendida normalmente entre 10 y 300 ohmios, mientras que la resistencia de salida es bastante mayor, del orden de 100.000 ohmios.

Realizando unos cálculos aproximados, se puede afirmar que la corriente de emisor en función de la tensión eficaz del generador aplicado en la entrada, vendrá dada por:

$$I_E \simeq \frac{V_g}{R_e}$$

$$I_E \simeq \frac{200\,\text{mV}}{100\,\Omega} = 2\,\text{mA}$$

Suponiendo ahora que la corriente de emisor es igual (en

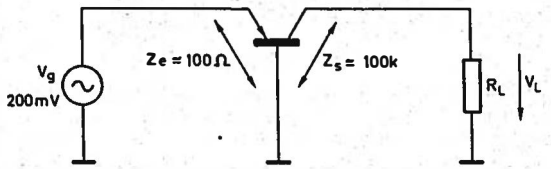



Figura 3.92 Conexión de un transistor PNP como amplificador en base común. Valores aproximados de la impedancia de entrada y de salida.

la realidad la aproximación es del orden del 95 al 99,9 %) a la de colector, se pueden escribir las siguientes igualdades:

$$I_C \simeq I_E = 2 \text{ mA}$$

$$V_L = I_L \cdot R_L = 2 \text{ mA} \times 10.000\ \Omega = 20 \text{ V}$$

Con lo cual la amplificación, según hemos explicado anteriormente, presenta la siguiente expresión:

$$A_v = \frac{V_L}{V_e}$$

$$A_v = \frac{20 \text{ V}}{200 \text{ mV}} = 100$$

Esta amplificación ha sido posible gracias a que el transistor ha permitido el paso de una corriente dada de un circuito de *baja impedancia* a otro de *alta impedancia* tal como se aprecia en la figura 3.92. Precisamente de esta propiedad deriva el nombre en inglés de este dispositivo: *transfer-resistor* (transferencia de resistencia) y de la conjunción de ambas palabras, *transistor*.

Aunque ya se ha utilizado el concepto de resistencia de entrada y de salida, cabe destacar que para una configuración en base común, la resistencia o impedancia de entrada es pequeña mientras que la de salida es bastante grande, lo que le hace muy útil como etapa adaptadora de impedancias. La amplificación en tensión es elevada, en cambio, la ganancia o amplificación de intensidad (corriente) es inferior a la unidad.

Definiendo una ganancia en corriente como el cociente entre la corriente de salida y la de entrada, en este caso se tendrá:

$$A_I = \frac{I_C}{I_E}$$

Recordando que la corriente de emisor es la suma de la corriente de colector más la de base, es obvio que el cociente $I_C/I_E$ jamás podrá ser mayor que la unidad, tal y como ya se había adelantado. Para la mayor parte de los transistores, la ganancia en corriente es del orden de 0,95 a 0,999.

En la figura 3.93 está representada la familia de curvas características del montaje en base-común. En dichas curvas se aprecian básicamente tres regiones claramente diferenciadas una de otra.

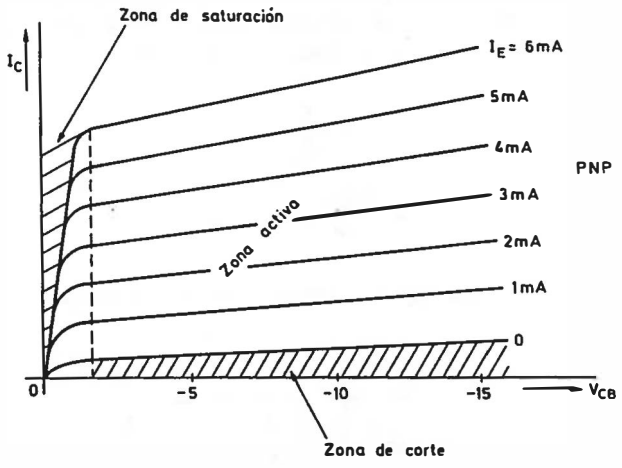



Figura 3.93 Familia de curvas características de un amplificador en base común. Relacionan la tensión colector-base con la intensidad de colector. También se han señalado la zona de funcionamiento activo, la de corte y la de saturación.

Al aplicar tensiones ligeramente positivas, es decir, alrededor de 0,7 voltios para los transistores de silicio y 0,3 voltios para los de germanio, entre los terminales colector-base del transistor, éste se halla en la zona llamada de *saturación*, en la cual una pequeña variación en la tensión colector-base produce un gran aumento de la corriente de colector. Por encima de una corriente mínima —o de umbral— de colector, y para tensiones inversas colector-base (negativos en el caso de un PNP) de cualquier valor de tensión siempre que no se alcance los límites del transistor, la corriente del emisor es prácticamente igual a la de colector y es característica de la *región activa*. La región que no corresponde con ninguna de las citadas se denomina zona *de corte*.

El factor de la ganancia en corriente de un transistor en base común constituye una relación fundamental entre los parámetros de un transistor. Este factor se denomina *alfa* ($\alpha$) y su aplicación siempre es válida para cualquier transistor dado.

Por otra parte, a la relación entre la corriente de base y la de colector recibe el nombre de factor de amplificación *beta* ($\beta$). Su expresión matemática es la siguiente:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

El coeficiente beta ($\beta$) siempre es mayor que la unidad, del orden de 10 a 1.000 o mayor, y es una constante adimensional al igual que el factor alfa.

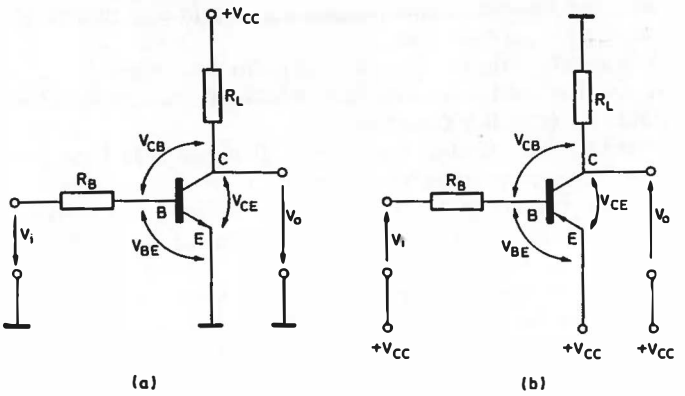



Figura 3.94 Esquema y relación de tensiones en un amplificador emisor común; *a*) para un transistor NPN y *b*) para un PNP.

### 3.23.3 Circuito en emisor común

Ahora se va a estudiar el circuito a transistor denominado de *emisor común*, cuya configuración básica aparece en la figura 3.94.

El montaje emisor común es el más utilizado de los tres posibles: base, emisor y colector común. También aquí la denominación de la configuración proviene del hecho de que el emisor es común tanto al circuito de entrada al transistor como al de salida.

En este montaje también hay una serie de gráficas que definen el funcionamiento del transistor, éstas son las representadas en las figuras 3.95 y 3.96.

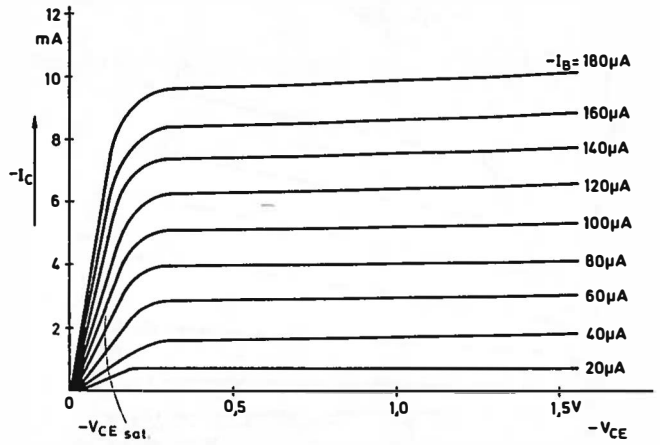



Figura 3.95 Familia de curvas características de un transistor PNP. Cada curva relaciona la intensidad de colector con la tensión colector-emisor ($V_{CE}$), manteniendo la intensidad de base constante.

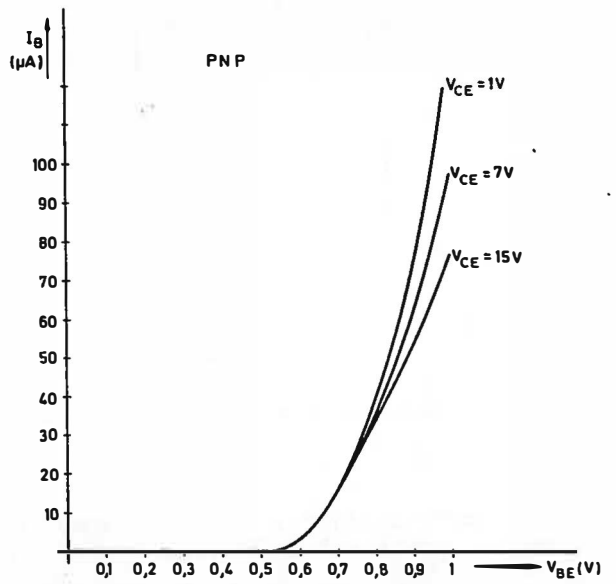



Figura 3.96 Curvas características de la base de un transistor PNP. Relacionan la tensión base-emisor con la intensidad de base.

La familia de curvas de la figura 3.95 representan la intensidad de colector en función de la tensión colector-emisor, manteniendo una intensidad de base constante. El eje de abscisas corresponde a la tensión existente entre colector y emisor ($V_{CE}$), mientras que el de ordenadas nos muestra la intensidad de colector. Cada una de las curvas corresponde a una determinada intensidad de base.

Se observa en dichas curvas que, para tensiones por debajo de $V_{CEsat}$, la corriente de colector aumenta muy bruscamente y prácticamente no depende de la corriente que circula por la base. A esta región se la denomina *de saturación*; en cambio, para intensidades de base nulas o menores que cero (negativas) hay una zona en la que no existe ninguna curva. Esta es la zona de *corte* del transistor.

Entre las zonas de corte y la de saturación se halla la de *funcionamiento activo*. Es precisamente en esta zona en donde deberá trabajar el transistor en caso de desear una respuesta lineal de las señales aplicadas a su entrada.

En la gráfica de la figura 3.96 se observa el comportamiento del circuito de entrada de un transistor. Nótese que la tensión colector-emisor sólo tiene una importancia relativa, ya que las variaciones experimentadas en las curvas como consecuencia de una variación de $V_{CE}$ es mínima.

Es importante destacar que: todas las tensiones de un transistor están definidas respecto a sus restantes terminales, y si hay algo importante en el estudio de estos dispositivos, es saber en cualquier momento la tensión y la corriente entre sus respectivos terminales.

Otra relación importante a tener en cuenta es que, conocida la tensión o la corriente que circula entre dos terminales cualesquiera del transistor ($A$ y $B$) se cumple siempre que:

$$V_{AB} = -V_{BA} \quad ; \quad I_{AB} = -I_{BA}$$

Es decir: el orden de los subíndices de las tensiones y corrientes, indican el sentido de las mismas.

La impedancia de entrada de este circuito tiene un valor medio bajo, mientras que la impedancia de salida es alta. Las ganancias en tensión e intensidad son de magnitudes medio altas, por lo que su ganancia en potencia es considerable.

### 3.23.4 Circuito colector común

El esquema básico de un montaje para un transistor PNP y un NPN se puede ver en la figura 3.97.

Este circuito se utiliza básicamente en *aplicaciones de adaptación de impedancias*, ya que su impedancia de entrada es sumamente alta, mientras que su impedancia de salida es más bien baja.

| | *Base común* | *Emisor común* | *Colector común* |
|---|---|---|---|
| $A_i$ (Amplificación de intensidad) | Muy baja ($\leqslant\alpha$) | Alta ($\leqslant\beta$) | Alta ($\leqslant 1+\beta$) |
| $A_v$ (Amplificación de tensión) | Alta $\simeq\alpha$ ($R_L/R_i$) | Alta | Muy baja ($<1$) |
| $A_p$ (Amplificación de potencia) | Alta | Muy alta | Alta $\simeq(1+\beta)$ |
| $Z_e$ (Impedancia de entrada) | Muy baja (1 a 100 Ω) | Media ($\simeq$1 kΩ) | Muy alta (500 kΩ) |
| $Z_s$ (Impedancia de salida) | Muy alta (500 a 1000) kΩ | Media ($\simeq$30 kΩ) | Baja (100 Ω) |

Tabla 3.6. Comparación entre los montajes básicos: emisor, colector y base común.

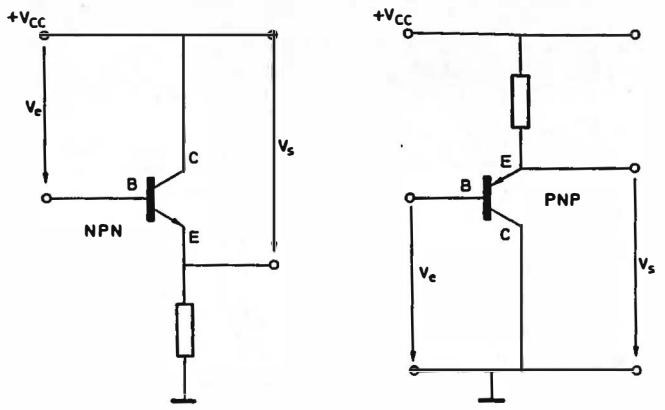



Figura 3.97 Configuraciones típicas de un amplificador colector común.

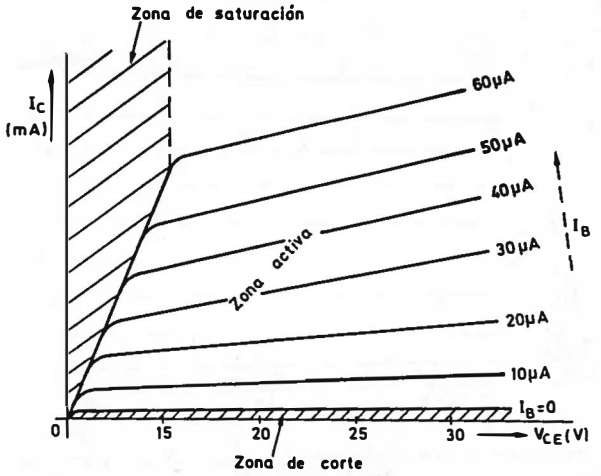



Figura 3.98 Familia de curvas características de un transistor montado en emisor común. En ellas se delimitan claramente las zonas de funcionamiento activo, de corte y de saturación.

Tal y como se muestra en la figura, la conexión en colector común se realiza normalmente con una resistencia en el circuito del emisor.

Las características de funcionamiento de un transistor en la conexión de colector común no son muy distintas de la configuración en emisor común, por lo que a efectos prácticos el estudio del colector común se lleva a cabo mediante las características del emisor común.

En la tabla 3.6 se han recopilado las características más importantes de las tres configuraciones básicas de un transistor.

## 3.24 AMPLIFICADORES

### 3.24.1 Polarización del transistor

Básicamente existen cuatro formas distintas de trabajo con un transistor: con señales continuas, con señales alternas de pequeña y grande magnitud y en conmutación. En esta última modalidad se aplican los conocimientos básicos de los tres anteriores, y es el tipo de funcionamiento que sirve de base para todos los *circuitos digitales.*

Es obvio que para conseguir que un determinado transistor trabaje en una determinada «zona» de sus curvas características, no bastará con conectarle un par de baterías a sus terminales, sino que para ello se deberá diseñar una serie de circuitos que habrán de ser añadidos al transistor para que en conjunto se realice la función o funciones deseadas. A todo este proceso se le denomina *polarización del transistor.*

Polarizar un transistor significa añadirle los componentes debidamente calculados para que den como resultado un circuito cuyas características no sean solamente las propias del transistor a utilizar sino también las de sus elementos asociados (resistencias, condensadores, transformadores, etcétera).

### 3.24.2 Estudio del montaje de emisor común

Ahora vamos a estudiar el comportamiento del transistor para señales de tensión y/o corriente continua. Para ello se utilizará las curvas de la figura 3.98, referidas a un hipotético transistor NPN (nótense los parámetros positivos de los dos ejes) montado en emisor común.

Aquí, al igual que en la conexión en base común, cabe discernir tres zonas de funcionamiento básicas.

La primera es la de saturación; se caracteriza por una tensión $V_{CE}$ muy pequeña y porque la corriente de colector depende casi exclusivamente de la de base. Otra zona es la denominada de corte del transistor; recibe este nombre porque en ella el transistor no actúa debido a que la base no está polarizada. A pesar de ello, deja pasar una corriente de colector muy pequeña. Esta corriente residual se designa por lo general con las siglas $I_{CEO}$.

La zona más amplia es la que está comprendida entre los dos casos anteriores, y se denomina *zona activa* del transistor.

Ahora se va a estudiar el comportamiento del circuito de la figura 3.99, utilizando para ello los datos indicados en ella y en la gráfica de la figura 3.100.

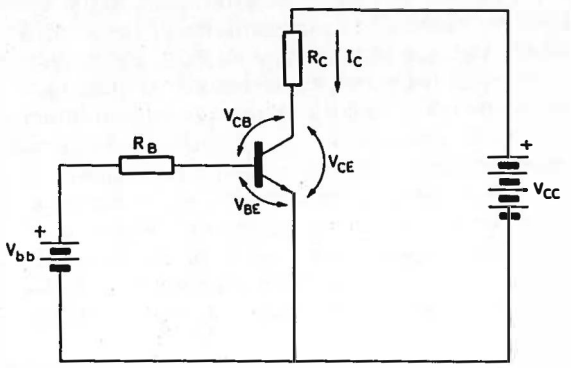



Figura 3.99 Polarización de un transistor en montaje emisor común.

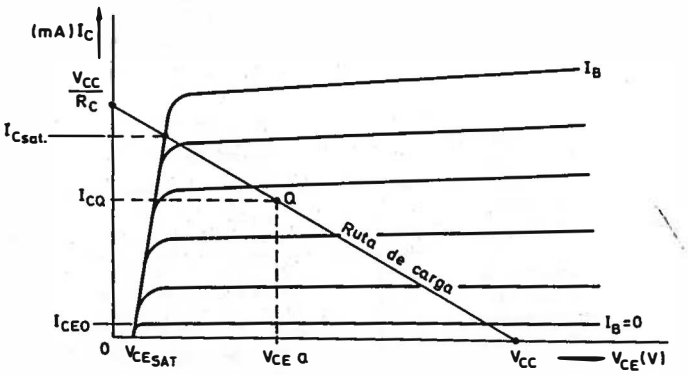



Figura 3.100 Trazado de la recta de carga, en la familia de curvas de un transistor, correspondiente al circuito de la figura 3.99.

### 3.24.3 Recta de carga

Dejando de momento la malla de la unión base-emisor y analizando la malla colector-emisor, de entrada se puede establecer

$$V_{cc} = R_c \cdot I_C + V_{CE}$$

En la gráfica de esta ecuación (figura 3.100) se observa que para $V_{CE} = 0$

$$I_C = \frac{V_{cc}}{R_c}$$

Por otra parte, para $I_C = 0$ queda

$$V_{CE} = V_{cc}$$

Uniendo entre sí los dos puntos calculados ($I_C = 0$, $V_{CE} = V_{cc}$) e ($I_C = \frac{V_{cc}}{R_c}$, $V_{CE} = 0$) se ha trazado la que se denomina *recta de carga*, ya que cualquiera que sea la resistencia de carga ($R_c$), la relación entre $I_C$ y $V_{CE}$ vendrá dada por esta recta.

Es importante, sin embargo, darse cuenta de que tanto el primero de los puntos calculados como el segundo son virtuales, o puntos límite que las curvas características del transistor no pasan por ninguno de ellos, razón por la cual dicha recta de carga sólo es válida entre los puntos correspondientes a $V_{CEsat}$ e $I_{Csat}$ ($I_{Bsat}$). En la figura 3.100, y sobre la recta se ha señalado asimismo un punto $Q(V_{CEQ}, I_{CQ})$ aproximadamente equidistante de los dos anteriores. Este es el denominado *punto de trabajo* del transistor y lo determina el valor de la resistencia de colector calculada.

Por otra parte la saturación de un transistor se alcanza cuando la intensidad de colector se aproxima al valor $V_{cc}/R_c$; en estas condiciones el transistor presenta una tensión $V_{CE}$ muy baja, del orden de algunas decenas a centenas de milivoltios, según el tipo ($V_{CEsat}$).

Asimismo se observa que la tensión colector-emisor ($V_{CE}$), nunca puede alcanzar la tensión de alimentación del circuito de colector $V_{cc}$, puesto que las curvas se detienen para $I_B = 0$. Sin embargo, es muy importante que en el hipotético caso de que la $I_B$ se hiciera igual a cero, la tensión $V_{CE}$ no debe sobrepasar nunca el máximo valor determinado por el fabricante, so pena de destruir el transistor.

Volviendo al tema de la saturación, se puede afirmar que:

$$I_{Csat} = \frac{V_{cc}}{R_c} = I_{Bsat} \cdot \beta$$

de donde

$$I_{Bsat} = \frac{V_{cc}}{R_c \cdot \beta} = \frac{I_{Csat}}{\beta}$$

La importancia de esta zona de saturación es debida a que en ella, la tensión colector-emisor es prácticamente independiente de las variaciones en la corriente de base, por lo que el efecto de amplificación del transistor deja de ser efectivo. Por esta razón y en virtud de la relación siguiente:

$$I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_B}$$

se puede determinar la mínima resistencia de base para no incidir en la zona de saturación, la cual vendrá dada por:

$$R_{Bmín} = \frac{V_{bb} - V_{BE}}{I_{Bsat}} = \frac{(V_{bb} - V_{BE}) \cdot \beta}{I_{Csat}} = \frac{(V_{bb} - V_{BE}) \beta \cdot R_c}{V_{cc}}$$

En esta última ecuación, se observa que la resistencia de base siempre será mayor que la resistencia de colector, si se quiere evitar que el transistor entre en saturación. Más adelante se considerarán otros aspectos importantes de los efectos de saturación en el transistor.

La principal desventaja del circuito de la figura 3.99 estriba en que se requieren dos fuentes de alimentación independientes para el buen funcionamiento del mismo.

El circuito de la figura 3.101 polariza al transistor con una sola fuente de alimentación. En éste, se ha sustituido la segunda fuente de alimentación y la resistencia de base, por dos resistencias de base; partiendo ambas de ésta, una va al positivo de la alimentación, y otra a masa. Otra diferencia básica es que ahora se tiene una resistencia conectada entre el emisor y masa que antes no existía.

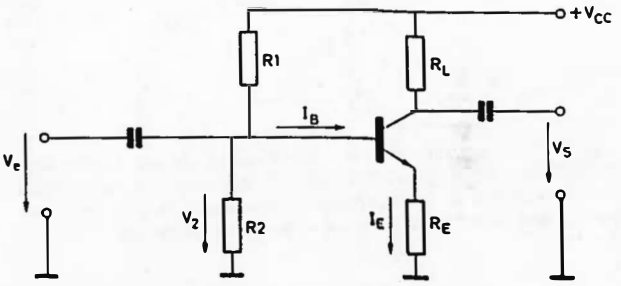



Figura 3.101 Amplificador de baja frecuencia con un solo transistor. Tiene todas las resistencias necesarias para su correcta polarización, y está acoplado por condensador tanto la entrada como la salida.

Este tipo de circuito se denomina de polarización por «divisor de tensión», debido a que la corriente y la tensión de base están controladas por el divisor de tensión formado por $R_1$ y $R_2$. Supóngase que la corriente que circula por la base ($I_B$) es pequeña en comparación con la que pasa por el divisor de tensión. En este caso, se puede afirmar que la corriente de base produce un efecto despreciable al atravesar $R_1$, y por tanto se puede escribir

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{cc}$$

y por tanto la tensión en bornes de la resistencia de emisor será:

$$V_E = V_2 - V_{BE}$$

Aplicando ahora la ley de Ohm al terminal de emisor se podrá determinar la corriente que por éste circula:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E}$$

Puesto que se ha calculado la intensidad de emisor, y recordando que la de colector es aproximadamente igual, ya se dispone de un valor suficientemente aproximado de la corriente de colector.

Por otra parte, para hallar la corriente de saturación de colector se podrá escribir

$$I_{Csat} = \frac{V_{cc}}{R_C + R_E}$$

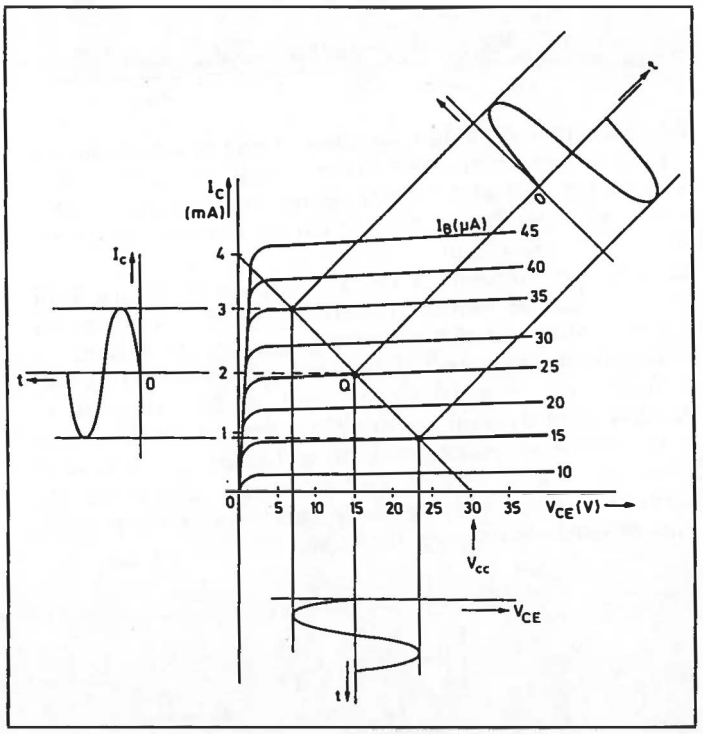



Figura 3.102 Obtención gráfica de la relación entre las señales de entrada y salida del amplificador de la figura 3.101. Obsérvese que la señal aplicada a la base se mantiene dentro de la zona activa de las curvas características del transistor, por lo que no presenta distorsión alguna a la salida (perpendicular al eje $V_{CE}$).

y al considerar que $V_{CE} \simeq V_{cc}$, cuando la corriente de colector es nula, ya se tendrán los puntos que definen la recta de carga para este circuito.

Supongamos que disponemos de un transistor cuyas curvas características son las que se observan en la figura 3.102 y el circuito diseñado es uno equivalente al de la figura 3.101; la recta de carga se indica en la misma figura 3.102. El punto de trabajo ha sido estabilizado en 2 mA de corriente de colector para 15 V de tensión $V_{CE}$.

Al inyectar en la base una señal alterna, ésta hace variar la intensidad de la corriente que circula por dicho terminal entre 15 y 40 $\mu$A. Esto se puede representar en función del tiempo por una recta perpendicular a la recta de carga como si de un nuevo eje se tratara. No resulta difícil hallar gráficamente las señales, correspondientes a la corriente de colector y la tensión emisor-colector resultado de la corriente alterna de base. Para ello basta hallar las respectivas proyecciones sobre los ejes de estas dos variables en los puntos de la recta de carga por los que pasa la corriente de base y en función del tiempo transcurrido.

La explicación es la siguiente: al aumentar la corriente de base, aumenta también la de colector y en la misma proporción; sin embargo, al aumentar la corriente de base la tensión colector-emisor disminuye. Es decir, el comportamiento de la $V_{CE}$ es inverso al de la corriente de base.

Obsérvese que el punto de trabajo está relativamente centrado respecto de la corriente de base. No hay posibilidad de distorsión puesto que en ningún momento la señal de salida ($I_C$ o $V_{CE}$) entran en la zona de saturación del transistor.

En la figura 3.103 *a* y *b*, se observa que si el punto de trabajo ha sido fijado de tal forma que la señal de entrada de base haga entrar al transistor en la zona de saturación *a*) o corte *b*), las señales de salida presentan un efecto de «recortamiento de la onda». A este fenómeno se le conoce por *distorsión* de la señal.

## 3.25 CLASES DE AMPLIFICACION

Es de destacar que no sólo es importante una adecuada situación del punto de trabajo del transistor, sino también de la amplitud de la señal de entrada. Si, por ejemplo, en el caso de la figura 3.102 se hace que la amplitud de la señal de entrada alcance (o rebase), los límites impuestos por $I_{Bsat}$ o la $I_B = 0$, la señal de salida quedará igualmente recortada, aunque se haya centrado el punto de trabajo del transistor sobre la recta de carga.

### 3.25.1 Clases A, B, C y D

Al tipo de amplificación mostrado en la figura 3.102 se le ha denominado, por convenio, amplificación en *clase A*. Es

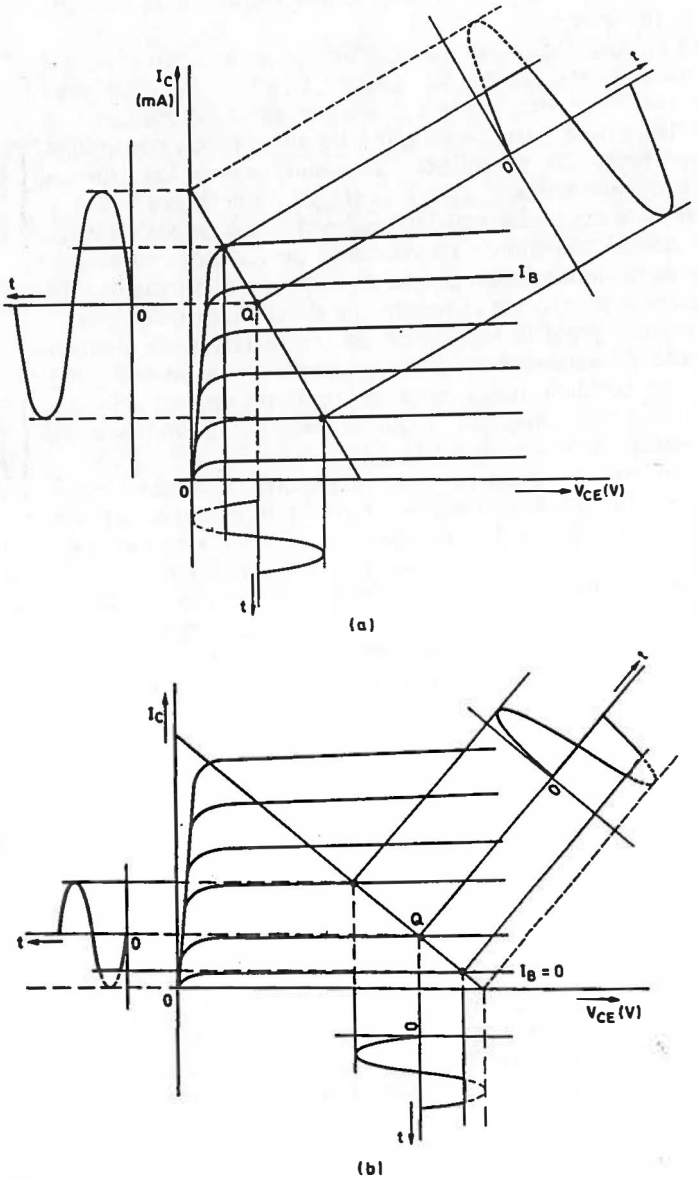



Figura 3.103 En estas gráficas se observa cómo la tensión de salida del amplificador unietapa está distorsionada respecto a la forma de onda aplicada a la entrada. Ello es debido a que el transistor entra: *a*) en saturación y *b*) al corte.

decir, cualquier amplificador que trabaje en la zona activa de la recta de carga con cualquier señal de entrada, fuera de las zonas de saturación o corte del transistor, se denomina amplificador en *clase A*.

La principal ventaja de este tipo de amplificación es que la señal no se distorsiona al pasar por el amplificador. Una desventaja de este circuito es que la potencia disipable no es tan alta como la que se podría obtener de otras formas.

Pero también (por convenio) se definen otras tres *clases* de amplificación, denominadas respectivamente *B, C, D* y la combinación *AB*. En la figura 3.104 han sido representadas las clases *A, B, AB* y *C*. La clase *D* se analizará más adelante.

Se dice que un circuito amplificador está funcionando en *clase B* cuando el transistor en cuestión sólo conduce durante una (cualquiera) de las semiondas de la señal (figura 3.104*b*). Combinando de forma adecuada dos amplificadores en *clase B*, en que cada uno de ellos actúe para semiondas de signo contrario, se obtiene el denominado amplificador push-pull.

La amplificación en *clase AB* se obtiene cuando, tal como se muestra en la figura 3.104*c*, el transistor conduce (está en la zona activa) durante más de 180° y menos de 360°.

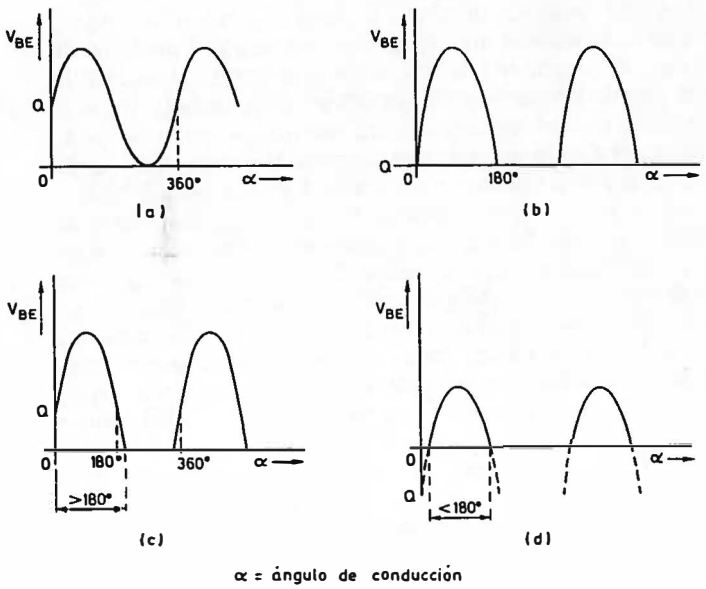



Figura 3.104 Formas de onda en la salida de un amplificador según la clase de polarización. *a*) Con polarización en clase *A*; *b*) en clase *B*; c) en clase *AB* y *d*) en clase C.

En cualquier amplificador en el que la señal se sitúe en la zona activa del transistor durante menos de 180°, tal como se muestra en la figura 3.104*d*, se dice que está trabajando en *clase C*. Este tipo de amplificador se utiliza especialmente en circuitos sintonizados de alta frecuencia, por el hecho de que si en el colector de un transistor se conecta un circuito resonante formado por una bobina y un condensador en paralelo, al circular estos picos de corriente por el mismo; éste oscila a su frecuencia de resonancia, produciendo una señal senoidal perfecta a la salida.

La amplificación en *clase D* pertenece a las técnicas digitales. Se define ésta como la amplificación llevada a cabo mediante conmutación digital y posterior recomposición de la onda original. Esta técnica se verá con mayor detalle al tratar del funcionamiento del transistor en conmutación.

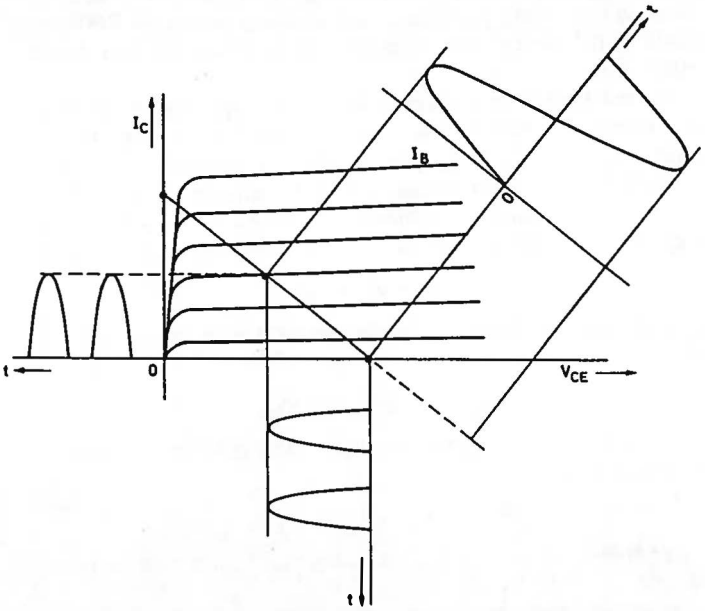



Figura 3.105 Gráfica de transferencia de señales en un amplificador en clase B.

Para obtener un amplificador en *clase B* basta con centrar el punto de trabajo del transistor en el punto de corte de la recta de carga. Esto se consigue cuando no pasa corriente por la base ($I_B = 0$), tal como se muestra en la figura 3.105. Sin embargo, con dos transistores de distinta polaridad (NPN y PNP), y trabajando ambos en clase B se obtiene el circuito push-pull (literalmente del inglés = empuja-tira), cuya configuración básica se muestra en la figura 3.106. A continuación se analiza su funcionamiento.

### 3.25.2 Amplificador en push-pull

Al introducir una señal ($V_e$) en la base, se observa que durante el semiciclo positivo la corriente circula por $D_2$ y $R_2$ puesto que en ese instante $D_2$ está polarizado directamente.

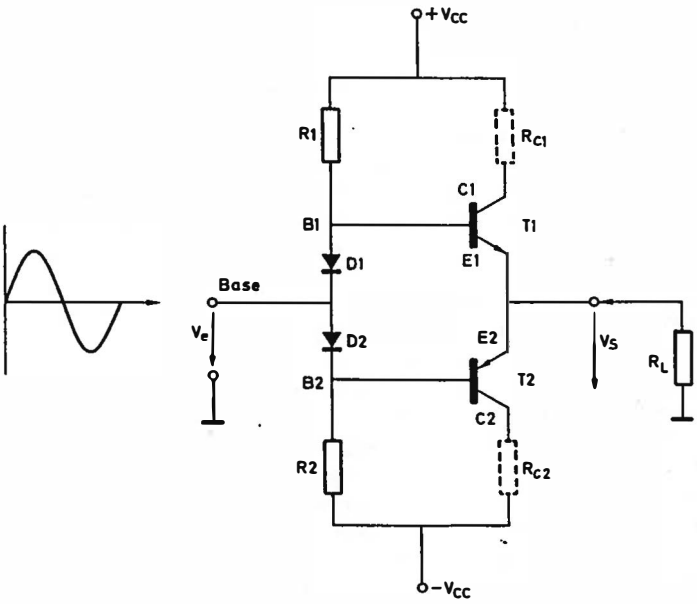



Figura 3.106 Etapa de salida en push-pull sin transformador, también llamada etapa complementaria de salida.

Sin embargo, la caída de tensión $V_{BE2}$ será positiva en la base respecto al emisor, por lo que el transistor, al ser un PNP, no puede conducir por estar polarizado inversamente su diodo emisor base.

$D_1$ está polarizado inversamente, sin embargo la tensión en el punto $B_1$, debido a la corriente que circula normalmente por $R_1$, $D_1$, $D_2$ y $R_2$ (de positivo a negativo), se sitúa siempre a un valor equivalente al de la tensión de entrada $V_e$ más el de la tensión de umbral del diodo $V_{D_1}$. Por tanto, la tensión en la base de $T_1$, durante el semiciclo positivo será:

$$V_{B1} = V_e^+ + V_{D1}$$

de igual forma en la salida del amplificador, punto $E_1$ $E_2$, habrá

$$V_s = (V_e^+ + V_{D1}) - V_{BE1}$$

Si ahora, mediante una elección adecuada de los diodos, se consigue que:

$$V_{D1} = V_{BE1}$$

se observa que la tensión de salida es idéntica a la de la entrada.

Al hacer el mismo razonamiento para el semiciclo negativo y en el transistor $T_2$, se obtendrán idénticos resultados, pero cambiados de signo. Es decir, que desde el punto de vista de la tensión de salida se ha conseguido una amplificación en clase A, a pesar de que cada uno de los transistores utilizados funciona en clase B.

Las resistencias dibujadas a trazos, $R_{C1}$ y $R_{C2}$ no son necesarias para el estudio de esta clase de amplificadores.

Sin embargo, en circuitos reales su uso es necesario con el fin de limitar la intensidad que circula por ambos transistores hacia la carga.

Por otra parte, es interesante darse cuenta de que el amplificador está alimentado por una tensión positiva y otra negativa, ambas referidas a masa, razón por la cual la señal de entrada está referida a cero voltios, es decir a masa. De querer trabajar con una tensión de alimentación única, entonces se tendría que referir la señal de entrada *a la mitad* de la tensión de alimentación. Esta es la razón del ajuste, muy frecuente en amplificadores de alta fidelidad, de la tensión del punto medio ($E_1$, $E_2$).

El hecho de que para el semiciclo positivo sólo funcione el transistor $T_1$, mientras que para el semiciclo negativo sólo funcione el $T_2$, confiere el nombre de «push-pull» a esta configuración.

Sin embargo, este push-pull formado por dos transistores no es tan conocido como el amplificador de este mismo tipo pero con transformador, representado en la figura 3.107.

En dicho circuito la tensión de entrada se aplica al primario del transformador TF1. El bobinado del secundario presenta una toma intermedia que puede conectarse directamente a masa o a un divisor de tensión (resistencias a trazos), con el fin de fijar el punto medio del transformador, ajustando así pequeñas diferencias entre las dos secciones del secundario, que en principio han de ser idénticas.

Los extremos del secundario van conectados respectivamente a cada una de las bases de los transistores, ambos de la misma polaridad (PNP o NPN).

El transformador de salida presenta asimismo una toma intermedia en su primario, la cual va conectada al polo positivo de la fuente de alimentación por ser transistores PNP, de lo contrario, iría al negativo. Los extremos del primario de este segundo transformador están conectados directamente a los colectores de los transistores. Al secundario del transformador TF2, se conecta la carga, que

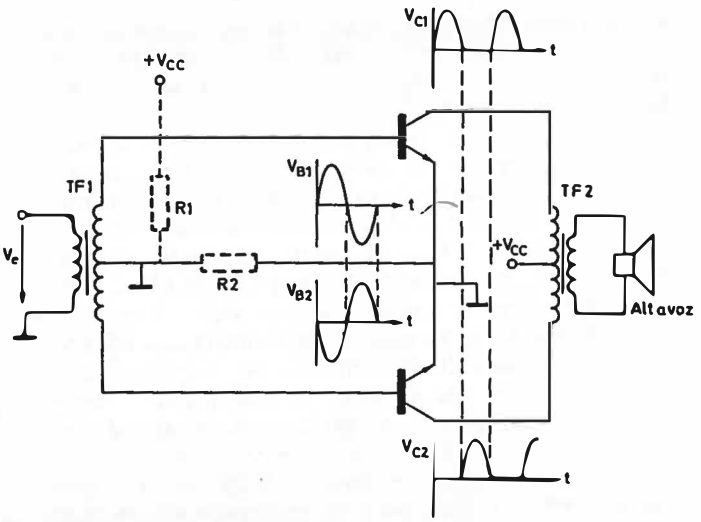



Figura 3.107 Etapa de salida en push-pull con transformador. En ella se muestran las formas de onda en los puntos más significativos.

normalmente es un altavoz, por ser éste el circuito de salida en baja frecuencia en algunos receptores y amplificadores (sobre todo en los antiguos).

Una vez descrito el circuito, ahora se va a ver cómo funciona. Al aplicar una señal a la entrada del primario de TF1, en el secundario la forma de la señal es la misma en cada una de las dos secciones, ahora bien, debido a que el punto medio del bobinado está referido a masa, la parte inferior del mismo entrega una señal de signo contrario al de la parte superior, tal como se observa en la figura 3.107.

Ambas tensiones de colector $V_{C1}$ y $V_{C2}$ se han indicado respecto a masa. Se ve, pues, claramente que cada uno de los transistores trabaja en clase *B*, pero alternativamente, con lo que la señal de salida vuelve a tener la misma forma de onda que la de entrada. La amplificación aquí se debe no sólo a los transistores, sino también a la relación entre espiras de ambos transformadores, que a la vez sirven como adaptadores de impedancias entre las entradas y las salidas respectivas.

Las desventajas más importantes del push-pull con transformador respecto del circuito realizado con transistores son varias, entre ellas se pueden citar: mayor distorsión, mayor volumen y menor flexibilidad de diseño en los montajes realizados con transistores.

### 3.25.3 Amplificadores en cascada

Muchas veces es necesario recurrir a más de una etapa amplificadora, con el fin de elevar la señal hasta un nivel dado. Para ello se utiliza la conexión *en cascada* (uno detrás de otro), de amplificadores de una sola etapa.

Se demuestra matemática y físicamente que la amplificación final de una cadena de amplificadores unietapa (como la simbolizada en la figura 3.108) en que cada una tiene una ganancia $A_i$, es el resultado de multiplicar el factor de amplificación de cada una de las etapas conectadas entre sí. Es decir, si se calculan las ganancias en tensión para cada etapa se obtendrá:

$$A_1 = \frac{V_1}{V_0} \quad , \quad A_2 = \frac{V_2}{V_1} \quad , \quad A_n = \frac{V_n}{V_{n-1}}$$

Efectuando la multiplicación de las ganancias individuales de cada etapa:

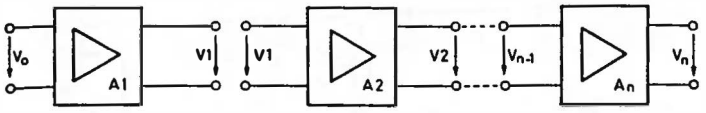



Figura 3.108 Conexión de amplificadores en cascada. La amplificación total es el resultado de multiplicar entre sí los factores de amplificación de cada una de las etapas.

$$A_{final} = A_1 \times A_2 \times \dots A_n = \frac{V_1}{V_0} \times \frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_3}{V_2} \times \dots \frac{V_n}{V_{n-1}}$$

de donde, exceptuando los términos $V_0$ y $V_n$ todos los demás se simplifican entre sí, quedando finalmente:

$$A_{final} = \frac{V_n}{V_0} = \text{Amplificación total}$$

Este sería el resultado que se obtendría si se considerara el conjunto de dichas etapas amplificadoras como una sola, que tuviera una tensión de salida $V_n$ y una tensión de entrada $V_0$.

### 3.25.4 Circuito Darlington

En la figura 3.109 aparece la configuración en Darlington para un par de transistores NPN con su correspondiente equivalente; veamos lo que ello significa. En el caso de un par de transistores PNP, todas las flechas se invierten. Al realizar el cálculo matemático de las relaciones entre las corrientes de base y de colector en un circuito Darlington (por ejemplo, NPN), se puede escribir:

$$I_{C2} = I_{B2} \cdot \beta_2$$
$$I_{C1} = \beta_1 \times I_{B1}$$

Dado que la corriente de emisor es aproximadamente igual a la de colector, sustituyendo quedará:

$$I_{C2} = I_{B2} \cdot \beta_2 = I_{E1} \cdot \beta_2 = I_{B1} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$$

Es decir, si se considera al conjunto de T1 y T2 como un solo transistor, éste tendría una beta ($\beta$) igual al producto de las betas de los dos —o más— transistores que componen este *Darlington*. Se habla entonces de un transistor Darlington, ya sea éste PNP o NPN.

### 3.25.5 Acoplamiento entre etapas amplificadoras

Se acaba de ver un ejemplo de acoplamiento entre etapas de amplificadores unietapa. Este tipo de acoplamiento recibe el nombre de *acoplamiento directo* entre etapas, puesto que no se ha utilizado ningún tipo de componente intermedio para acoplar los transistores entre sí.

No obstante, existen otros tipos de acoplamiento denominados respectivamente por: *resistencia, condensador, bobina, transformador,* y por cualquier combinación posible entre éstas (*RC, LC, etc.*).

No se entra en detalles de cada uno de estos tipos puesto que ello nos llevaría fuera del margen de este capítulo. El esquema de la figura 3.110 se ha tomado como ejemplo para ver el acoplamiento de un amplificador completo de baja frecuencia de tres etapas. El acoplamiento entre la señal de entrada y la primera etapa es *por condensador*, puesto que éste es el camino de unión entre la señal y dicha etapa. El acoplamiento de la primera etapa a la segunda es asimismo por condensador. Sin embargo, el acoplamiento de la segunda con la tercera (etapa complementaria en clase B) es directo, pues no hay componentes interpuestos en el camino de la señal.

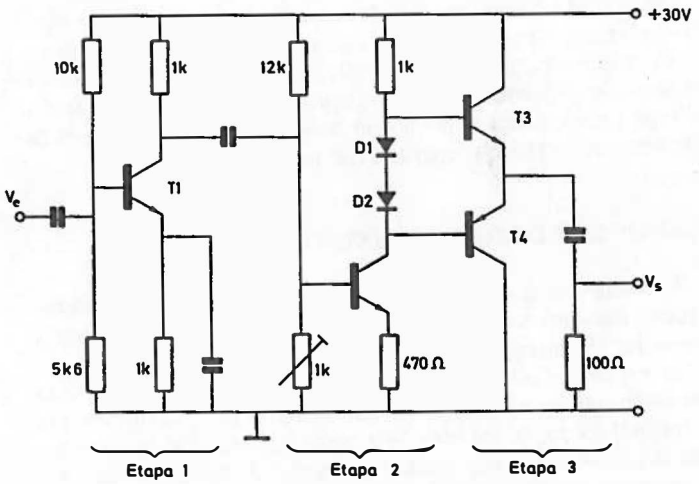



Figura 3.110 Amplificador completo de baja frecuencia de tres etapas con distintos tipos de acoplamiento entre éstas.

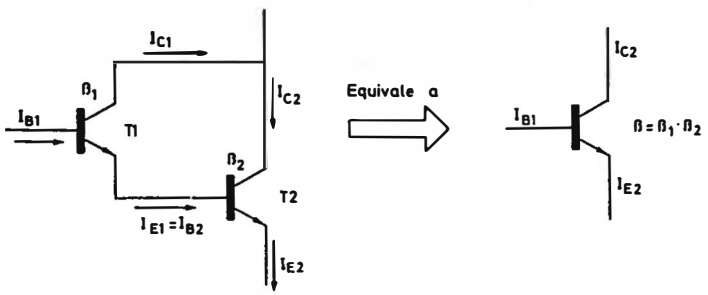



Figura 3.109 Conexión Darlington de transistores con su correspondiente circuito equivalente. Nótese que los transistores que intervienen son de la misma polaridad.

### 3.25.6 Amplificador en clase C

A continuación se analiza el funcionamiento de un amplificador en *clase C*, también llamado *amplificador sintonizado*, el cual se utiliza mayormente en circuitos de alta frecuencia (por encima de 20-30 kHz).

Un esquema básico de este tipo de amplificador se ha representado en la figura 3.111. La clave de este amplificador se halla en el circuito *tanque*, un condensador y una bobina en paralelo, conectado entre el colector del transistor y $+V_{cc}$. Los condensadores $C_1$ y $C_2$ sirven única y exclusivamente para el acoplamiento entre etapas, mientras que $R_B$ es la resistencia de polarización de la base del transistor con el fin de estabilizar el punto de trabajo de éste.

Para explicar su funcionamiento, recuérdese que la señal aplicada a la entrada, sólo activa el transistor durante un tiempo inferior al que le corresponde a 180° de la onda de entrada (figura 3.104*d*). Es decir, a la base del transistor sólo llega una señal cuya *frecuencia* es supuestamente estable, pero de muy poca amplitud.

Por otro lado, la *frecuencia de resonancia* del circuito tanque que se ha buscado de tal forma que sea la misma que la de la señal de entrada. De esta forma cada vez que «llega» el impulso al colector del transistor, el circuito tanque recibe un impulso energético que le permite oscilar a la frecuencia

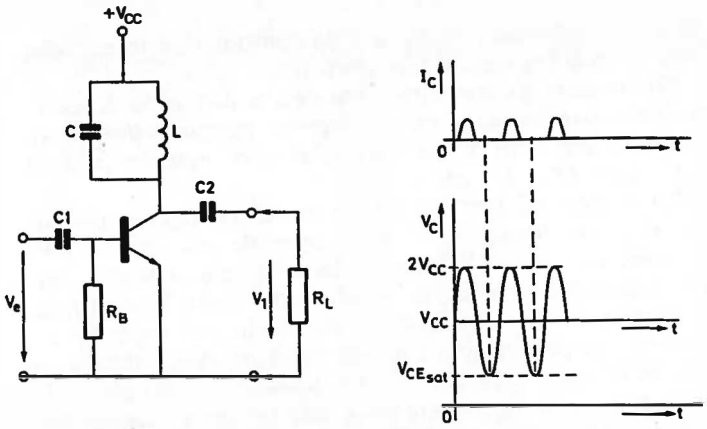



Figura 3.111 Amplificador polarizado en clase C, también llamado amplificador sintonizado puesto que su efecto amplificador sólo se verifica para la frecuencia a la cual está sintonizado el circuito resonante LC.

idéntica a la de los impulsos de la base, y cuya amplitud es aproximadamente el doble de la tensión de alimentación. Este comportamiento puede verse claramente simbolizado en las gráficas adjuntas al circuito de esta figura. Recibe el nombre de *amplificador sintonizado* porque la amplificación sólo se puede obtener para una señal cuya frecuencia sea la de resonancia del circuito LC del colector.

## 3.26 OSCILADORES SINUSOIDALES

Se inicia ahora un breve estudio de los circuitos denominados *osciladores*, para lo que es necesario, primero, entender el concepto de *realimentación*.

Se entiende por realimentación el hecho de coger una pequeña parte de la señal de salida y llevarla de nuevo a la entrada. Los componentes —o componente— que determinan el camino para que parte de la señal de la salida vuelva a la entrada, constituyen la denominada *red de realimentación*. Se distinguen dos tipos de realimentación, que son: *realimentación positiva* y *negativa*. Se habla de *realimentación negativa* cuando la señal realimentada está en *contrafase* respecto de la señal de entrada, mientras que si la señal realimentada está *en fase* con la señal de entrada se habla de *realimentación positiva*.

La realimentación negativa es muy utilizada para la estabilización de amplificadores, mejorando notablemente la respuesta frecuencial y la estabilidad de éstos, si bien por otra parte, redunda en un menor factor de amplificación. La realimentación positiva en cambio, favorece la inestabilidad del amplificador, razón por la cual este tipo de realimentación es utilizada en los circuitos oscilantes u osciladores.

Cabe señalar que, si bien existen muchos tipos de osciladores, no todas las formas de onda de éstos son iguales. De acuerdo con este criterio se pueden clasificar en: circuitos osciladores sinusoidales (los más utilizados en RF), de ondas cuadrada, triangular, y un sinfín de osciladores cuya señal de salida presenta las más variadas formas.

Los primeros osciladores que se van a estudiar son los sinusoidales y entre ellos, los cuatro más utilizados: el oscilador por rotación de fase, los osciladores Colpitts y Hartley y el oscilador de cristal (de cuarzo).

En la figura 3.112 se ha representado el clásico circuito oscilador por rotación de fase con un solo transistor amplificador. Con la única excepción del condensador de emisor ($C_E$) y no incluyendo la red de alimentación, este

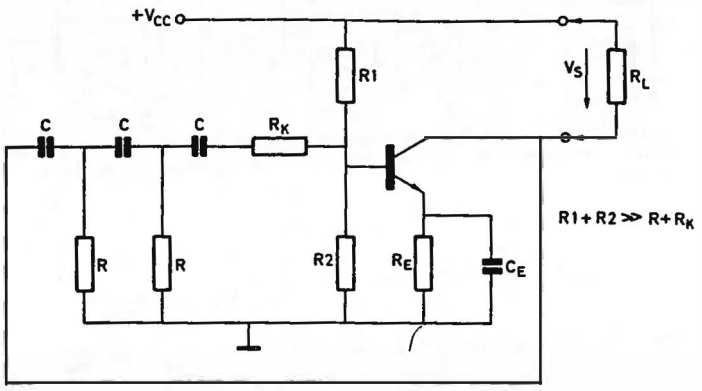



Figura 3.112 Oscilador Wien-Robinson modificado, también conocido como oscilador por rotación de fase.

circuito es un amplificador en clase A. El condensador $C_E$ sirve para desacoplar la resistencia de emisor de las señales alternas, es decir, cortocircuitándolas a masa.

El efecto oscilador del circuito de la figura 3.112 se consigue porque la señal de salida al atravesar la red de alimentación, sufre una variación de fase que la convierte en una realimentación positiva a la entrada del amplificador, con lo cual se da la condición necesaria para la oscilación. La *frecuencia de oscilación* de este circuito viene dada por la fórmula siguiente:

$$f = \frac{1}{2\pi C\sqrt{6R^2 + 4RR_L}}$$

Para que se cumpla esta relación la $R_1 + R_2$ deben ser mayores que $R + R_k$, y además que estas dos últimas sean aproximadamente iguales, para valores elevados de las mismas.

Este circuito constituye un oscilador *Wien-Robinson* algo modificado, aunque comúnmente se le conoce por el mismo nombre. Este tipo de osciladores se utiliza sobre todo en el margen de frecuencias comprendido entre unos pocos hercios y 100 kHz. Para conseguir señales de mayor frecuencia se utilizan osciladores LC, de bobinas y condensadores.

Los principales osciladores con circuitos LC sintonizados son: *Colpitts, Hartley, Armstrong* y *de entrada y salida sintonizadas*. La representación esquemática de los tres es la mostrada en la figura 3.113.

Si en la red de realimentación, las impedancias $Z_1$ y $Z_2$ son condensadores y $Z_3$ es una bobina se tendrá la configuración

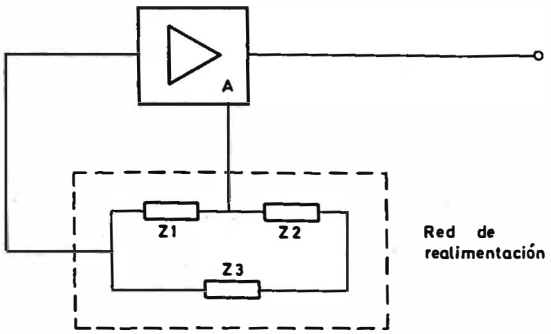



Figura 3.113 Configuración básica de un oscilador Colpitts, Hartley y de entrada-salida sintonizadas.

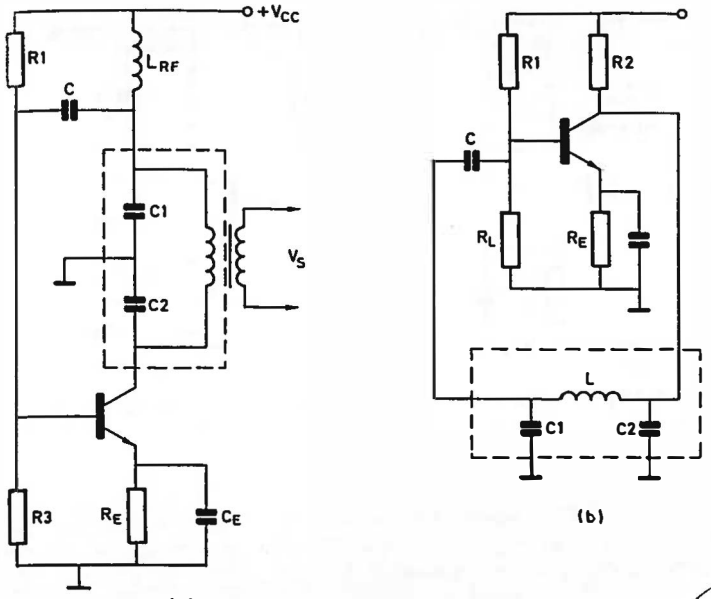



Figura 3.114 Dos ejemplos de osciladores Colpitts a transistores. Obsérvese en ambos casos la distribución de las impedancias señaladas en la figura anterior.

clásica de un *oscilador Colpitts*. En cambio, si $Z_1$ y $Z_2$ son bobinas y $Z_3$ un condensador se obtendrá el oscilador denominado de *Hartley*; finalmente si $Z_1$ y $Z_2$ son circuitos LC paralelo y $Z_3$ no existe, se tiene un oscilador de *entrada y salida sintonizadas*.

A continuación se analizan los circuitos típicos, a transistores, de estos tipos de osciladores Colpitts a transistor. Obsérvese en ambas figuras la realización práctica de la red de realimentación descrita en la figura 3.113. A título de ejemplo la frecuencia de trabajo del circuito de la figura 3.114*a* viene dada por la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_q}}$$

siendo

$$C_q = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

En los esquemas de la figura 3.114*a* y *b* se puede ver que la resistencia de emisor está cortocircuitada para tensiones alternas y que el acoplamiento de la realimentación es mediante condensador.

En la figura 3.115 se reproducen dos esquemas básicos de oscilador *Hartley* a transistores.

En la red de realimentación hay que tener en cuenta un coeficiente de inducción mutuo o también acoplamiento mutuo «*M*» existente entre las dos partes de la bobina $L_1 + L_2$. La frecuencia de oscilación del circuito de la figura 3.115*a* viene dada por la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL_q}}$$

siendo

$$L_q = L_1 + L_2 + 2M$$

Otro tipo de oscilador muy utilizado es el Armstrong.

En la figura 3.116 se muestra un esquema de esta clase de osciladores; en él se puede observar que el circuito tanque, formado por $L_1$ y $C_1$, es el encargado de generar las oscilaciones, cuya frecuencia aproximada será:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

Nótese que se dice aproximada, porque también influyen $L_2$ y el acoplamiento entre ambas bobinas.

La red de realimentación está formada por la bobina $L_2$ y su acoplamiento con $L_1$.

El resto de componentes, excepto $L_3$, $L_4$ y $C_3$ forman los circuitos de polarización del amplificador.

El condensador $C_3$ y el transformador formado por $L_3$ y $L_4$ constituyen el circuito de salida, hacia la utilización.

El funcionamiento es el siguiente: las oscilaciones generadas en el circuito resonante ($L_1$, $C_1$) de la entrada se acoplan, mediante $C_2$, al transistor que lo amplifica y retorna una parte por $L_2$, produciéndose el ciclo reiteradamente.

Este amplificador se encuentra polarizado en clase C, esto es, está en corte durante más de la mitad de la señal.

También se pueden obtener diferentes frecuencias con sólo variar la capacidad del condensador $C_1$.

En algunas ocasiones se requiere que el circuito oscilador genere una señal de frecuencia muy estable (que no varíe), y

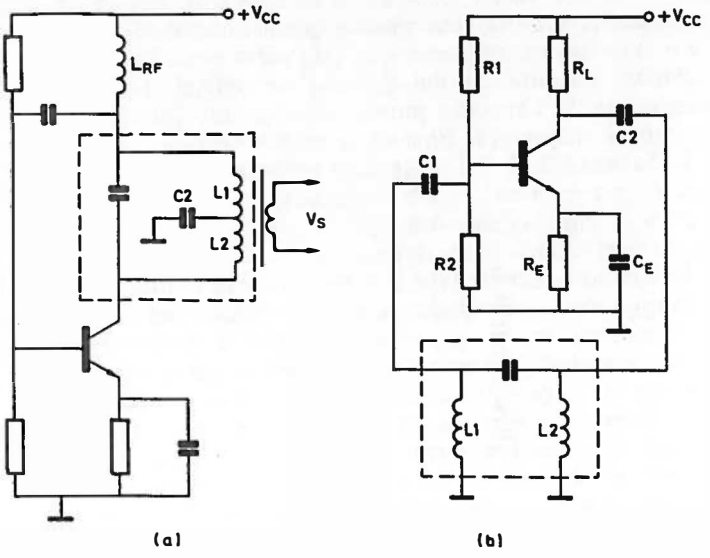



Figura 3.115 Osciladores Hartley a transistores. Obsérvese la realización de las tres impedancias mostradas en la figura 3.113.

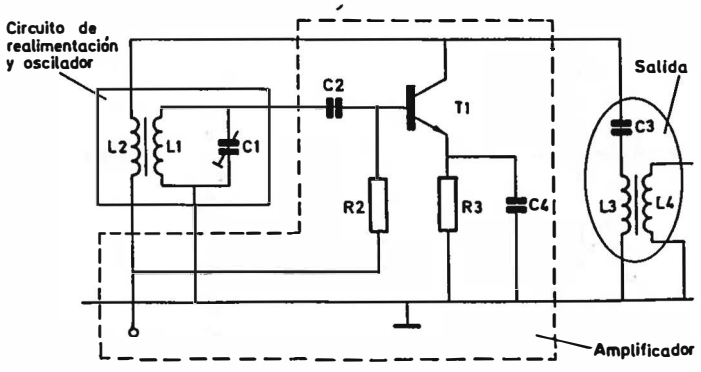



Figura 3.116 Oscilador Armstrong.

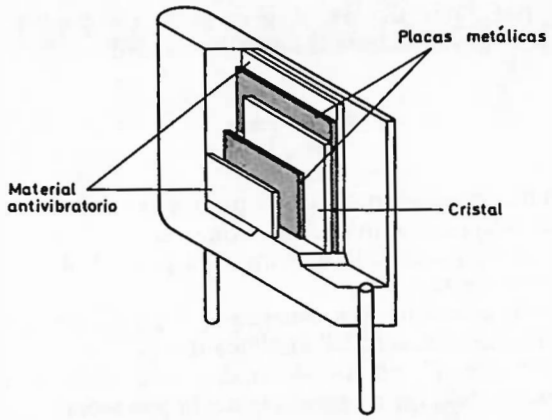



Figura 3.117 Cristal de cuarzo encapsulado.

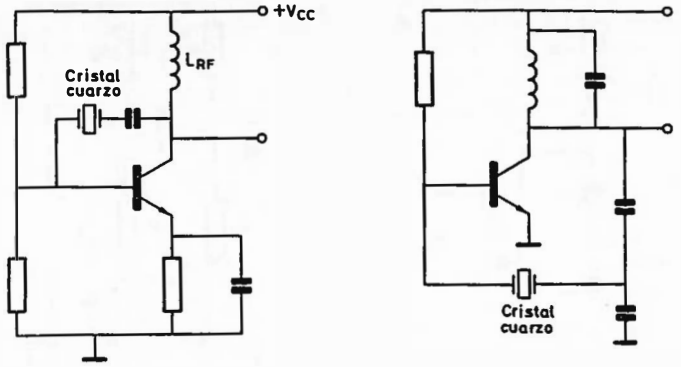



Figura 3.119 Osciladores a transistores controlados por cuarzo. Configuraciones típicas.

como los osciladores con circuitos capacitivos e inductivos suelen ser muy inestables en frecuencia, se recurre a los osciladores a cristal. Puede comprobarse que, el acercar la mano a los circuitos anteriores, se modifica ligeramente la frecuencia.

Los *cristales osciladores* son unas pequeñas plaquitas cuadradas, de cristal de *cuarzo*, encapsuladas en un recipiente metálico o de plástico (figura 3.117).

El cuarzo tiene propiedades piezoeléctricas, es decir, si se comprime o se dilata, genera una tensión entre sus caras.

De análoga forma, si se aplica al cristal una tensión alterna de una determinada frecuencia, éste vibra a esa frecuencia. Además, en función del espesor del cristal, tiene una frecuencia de vibración propia, muy estable (cuanto más grueso es, mejor es la frecuencia de resonancia).

En la figura 3.118 se presenta el símbolo de un cristal y su circuito equivalente. Puede verse que un cristal es equivalente a un circuito resonante, por lo que el cristal sustituirá a la red generadora de la oscilación.

Independientemente del circuito oscilador utilizado, cabe distinguir dos modalidades básicas de trabajo del cristal de cuarzo: una de ellas es la *oscilación a la frecuencia fundamental*, siendo la frecuencia fundamental la más baja a que puede resonar un cristal de cuarzo. Esta acostumbra a ser la frecuencia nominal del mismo. La otra es que funcione a sus frecuencias *armónicas* (sobretonos). Es decir, que han sido diseñados de tal forma, que su resonancia se puede producir a *frecuencias múltiplos enteros* de la fundamental.

En la figura 3.119 se muestran dos ejemplos de osciladores a cristal de cuarzo. Estos se utilizan especialmente en las etapas de radiofrecuencia (RF) de receptores, emisores, y en general en todos aquellos circuitos en los que la estabilidad frecuencial provenga de la introducción de un cristal de cuarzo como parámetro básico de diseño.

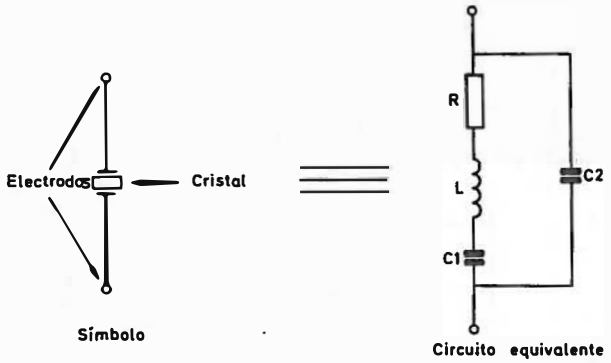



Figura 3.118 Símbolo de un cristal de cuarzo y su circuito eléctrico equivalente.

## 3.27 TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO (FET)

Ahora se van a introducir tres nuevos e importantes componentes electrónicos capaces de realizar la función «transistor». Se trata de los transistores de efecto de campo (*FET*) y de efecto de campo con semiconductor de metal-óxido (*MOSFET*).

En la figura 3.120 se representan las estructuras de un transistor FET de canal N y de un uno de canal P, además de las correspondientes tensiones de polarización y sus respectivos símbolos.

Este dispositivo consta de tres terminales cuya denominación es la siguiente: *surtidor* (S, de source), *drenador* (D, de drain) y *puerta* (G, de gate).

El dispositivo está constituido por un cristal semiconductor de tipo N o P, según se trate de un FET de *canal N* o *P* respectivamente, y de otras dos zonas semiconductoras de signo contrario a la del canal conectadas entre sí y rodeando una determinada zona del mismo.

Por tanto, entre el drenador y el surtidor solamente se encuentra una barra de material semiconductor, que tendrá una resistencia denominada intrínseca del canal.

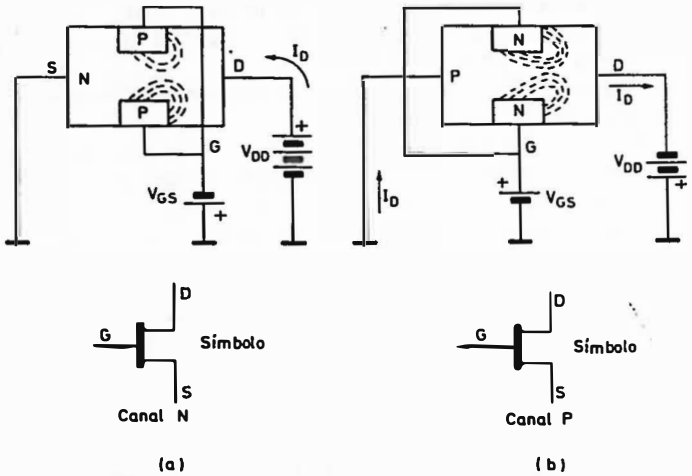



Figura 3.120 Esta ilustración muestra el principio de funcionamiento de un transistor de efecto de campo, también llamado FET; a) FET canal N; b) FET canal P.

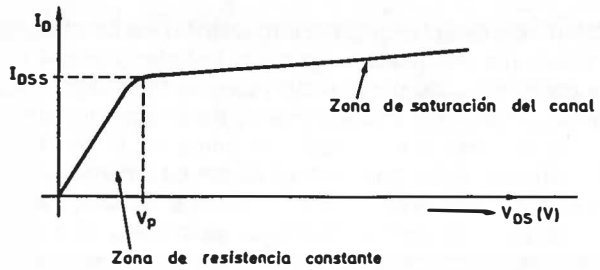



Figura 3.121 Curva característica de un FET; relaciona la tensión aplicada entre el drenador y la fuente y la corriente que circula por el drenador.

Al aplicar una tensión entre S y D, y sin conectar la puerta, se establece una corriente que aumentará cuando aumente la tensión aplicada, hasta llegar a un punto en que se estabiliza o se satura.

Una vez saturado el canal, la corriente del drenador ($I_D$) permanece constante, aunque la tensión entre el drenador y el surtidor siga aumentando.

Este comportamiento se puede observar en la curva de la figura 3.121.

Si además ahora se conecta una tensión negativa a la puerta respecto al surtidor, se observa que a medida que va aumentando el potencial negativo de la puerta, la corriente $I_D$ se va haciendo cada vez menor, hasta llegar a un valor para el cual ésta se anula totalmente.

Este fenómeno se explica de la siguiente forma: Los diodos formados por cada una de las dos zonas P y el canal N están polarizados, en este caso, inversamente. Al aumentar la tensión de polarización inversa, la zona de empobrecimiento, también llamada de deplexión, aumenta, con lo cual la zona de paso de corriente por el canal, cada vez es más pequeña hasta que llega un punto en que, la zona de empobrecimiento alcanza una magnitud tal que impide totalmente el paso de la corriente por el canal. Dado que el control de la corriente de drenador se realiza mediante un diodo polarizado inversamente, y por tanto por simple campo electrostático, la energía de control de la «apertura del canal» es prácticamente nula. Esto constituye una diferencia básica respecto al transistor bipolar que requería una mínima corriente de base para el control de colector.

La curva de la figura 3.122 muestra la relación existente entre la intensidad de drenador y la tensión aplicada entre la puerta y el surtidor en un FET de canal N. $I_{Dss}$ es la corriente de saturación del canal cuando no hay tensión aplicada entre la puerta y el surtidor ($V_{GS}=0$).

$V_P$ (pinch off voltage = tensión de estrangulamiento), es la tensión puerta-surtidor necesaria para que la corriente deje de circular por el drenador, independientemente de la tensión de alimentación ($V_{DS}$).

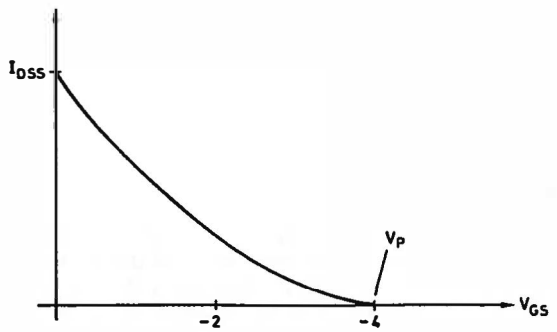



Figura 3.122 Curva característica de un FET; relaciona la tensión puerta-surtidor con la corriente que circula por el drenador. También se muestra la tensión de corte del FET.

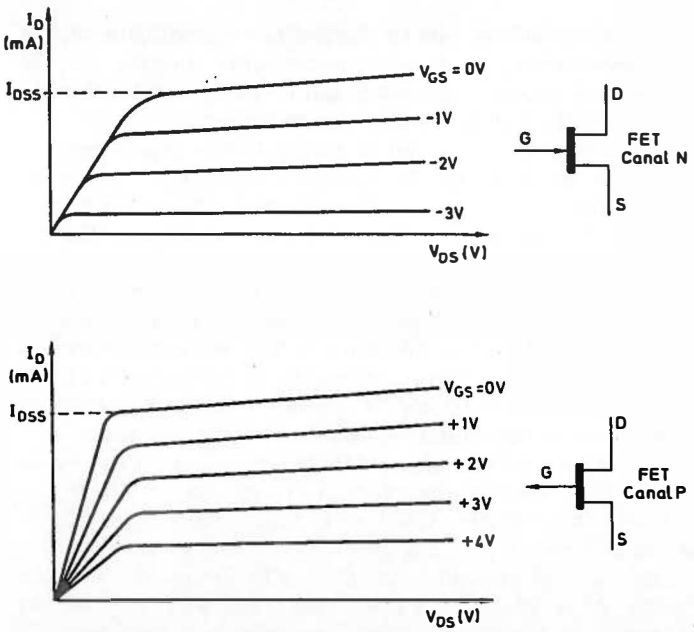



Figura 3.123 Familias de curvas características $V_{DS}/I_D$ para un FET de canal N y otro de canal P. Obsérvese la distinta polaridad de la tensión de puerta, respecto del surtidor en cada caso.

En la figura 3.123 se representan las familias de curvas típicas de un FET de canal N y de un FET de canal P.

Las ventajas más importantes de los FET respecto a los transistores bipolares son las siguientes:

La impedancia de entrada de los FET es extremadamente alta; normalmente alrededor de 100 megaohmios.

El FET es relativamente insensible a las radiaciones de alto contenido energético, mientras que el transistor bipolar lo es altamente.

El FET es mucho menos ruidoso que el transistor bipolar, por lo que su aplicación está especialmente indicada en circuitos de señales muy pequeñas.

El FET puede ser conectado de tal forma que su estabilidad térmica sea mayor que la de un bipolar.

Las aplicaciones típicas del FET son: etapas de entrada de RF en sintonizadores de alta fidelidad, circuitos de pequeña señal y alta frecuencia, osciladores de alta y muy alta frecuencia, etc.

## 3.28 TRANSISTORES MOSFET

Dado que la puerta (G) de un FET no ha de conducir necesariamente ninguna corriente, no hay razón para que ésta esté en contacto con el material del canal. De este razonamiento nació el MOSFET, que es en síntesis otro transistor de efecto de campo en el que éste es puramente electrostático y no debido a la polarización inversa de una unión.

Todo transistor de efecto de campo cuyo terminal de puerta está aislado del canal (drenador-surtidor) constituye un MOSFET. El nombre de este dispositivo deriva de la técnica utilizada para su fabricación, es decir: con semiconductor de metal-óxido (Metal-Oxyde Semiconductor Field Effect Transistor).

Existen dos tipos básicos de MOSFET en cuanto a su

estructura se refiere, que se denominan respectivamente de *empobrecimiento* y de *enriquecimiento*. Puesto que el terminal de puerta está aislado del canal, la conducción de éste se puede realizar de dos formas distintas:

*a*) Habilitar un canal en el substrato correspondiente y disminuir el paso de la corriente mediante el campo electrostático creado por una tensión aplicada entre puerta y surtidor. En este caso el dispositivo se denomina *MOSFET de empobrecimiento*.

*b*) Los terminales de surtidor y drenador se colocan directamente en el substrato, con lo cual la corriente de paso se puede aumentar, aumentando la tensión surtidor-puerta puesto que se crea una zona (canal) de influencia positiva que permite el paso de la corriente, en cuyo caso el dispositivo se denomina *MOSFET de enriquecimiento*.

En la figura 3.124*a* se muestra la estructura y símbolo de un MOSFET de empobrecimiento y en *b*), uno de enriquecimiento y su símbolo. Las curvas típicas de respuesta son similares a las de un FET.

Los transistores FET y MOSFET tienen las mismas aplicaciones que los transistores bipolares aunque en muchos casos ofrecen algunas ventajas respecto a éstos.

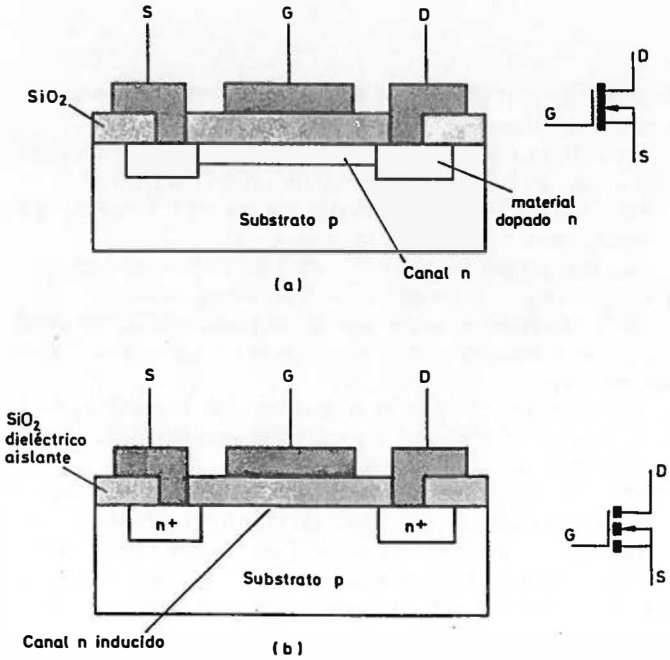



Figura 3.124 Representación esquemática de los transistores MOSFET: *a*) de enriquecimiento y *b*) de empobrecimiento.

## 3.29 TRANSISTORES EN CIRCUITOS DE CONMUTACION

Actualmente son muchos los equipos electrónicos que se controlan por medio de unos circuitos que, genéricamente se les denominan digitales.

Estos circuitos están constituidos por unos dispositivos que, asociados con otros componentes, son capaces de trabajar en conmutación; es decir, pueden asumir dos estados claramente diferenciados: activado/bloqueado, pasa corriente/no pasa corriente, nivel alto/nivel bajo, etc.

Estos dispositivos generalmente son transistores bipolares, FET, MOSFET, etc., que trabajan solamente en los dos extremos de su recta de carga.

A diferencia de los requisitos impuestos a los amplificadores lineales (en los que era necesario trabajar siempre fuera de las zonas de corte o saturación para evitar distorsiones), en conmutación sólo interesa que el transistor funcione en las zonas de *corte o saturación*, evitando en lo posible su funcionamiento en la zona activa de las características.

En la figura 3.125*a* se ha representado el esquema básico de un transistor en conmutación. La resistencia de colector es la de carga, mientras que la de base sólo sirve para limitar la corriente de base. En la figura 3.125*b* se observan las características —hipotéticas— del citado transistor, en las que se ha trazado la correspondiente recta de carga.

A continuación se analizan estos dos puntos básicos de funcionamiento del transistor.

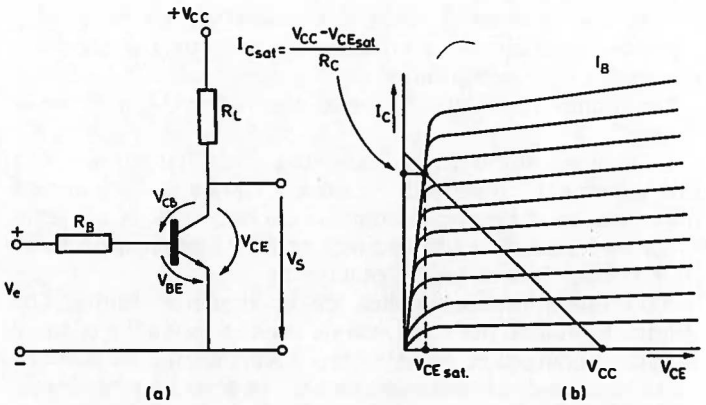



Figura 3.125 Recta de carga y circuito típico de un interruptor digital electrónico.

Un transistor está en corte, cuando no exista corriente de base, o lo que es lo mismo, cuando se conecte su resistencia de base a masa. Por otra parte, para hallar el valor de la corriente de colector se hace:

$$V_{cc} = I_C \cdot R_C + V_{CEsat}$$

$V_{CEsat}$ significa aquella tensión colector-emisor que se obtiene cuando el transistor está en saturación. Se puede determinar gráficamente hallando la proyección del punto de corte de la corriente de saturación de colector.

Si se quisiera obtener la corriente de base que provoca la saturación del transistor a partir de la gráfica de la figura 3.125*b*, se observaría que a partir de un cierto valor, por más que aumentase la corriente de base, la de colector no aumentaría, puesto que la recta de carga corta las curvas por su zona de mayor pendiente.

Por esta razón se dice que por la base debe pasar una corriente mínima, a partir de la cual el transistor está en corte con seguridad.

$$I_{Bmin} = \frac{I_{Csat}}{\beta}$$

Para transistores de pequeña señal, normalmente la tensión colector-emisor de saturación es de 0,2 a 0,3 voltios como máximo, con valores típicos del orden de 0,1 voltios. Por otra parte se sabe que en saturación, la caída de tensión entre base y emisor será de aproximadamente 0,7 voltios.

Un transistor en saturación tiene sus dos uniones polarizadas directamente.

Recuérdese que en los circuitos amplificadores era indispensable que el diodo colector-base estuviera polarizado inversamente mientras que ahora (en saturación), ya no es así.

Por tratarse de un transistor NPN, la tensión de base necesaria para saturar al transistor será la tensión de alimentación positiva.

Para calcular la resistencia de base máxima para que el transistor entre en saturación cuando la tensión de entrada sea de alimentación positiva se hace:

$$R_{Bmáx} = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_{Bmin}} = \frac{(V_{cc} - V_{BE})\beta}{I_{Csat}}$$

## 3.30 VALVULAS TERMOIONICAS

Dado que algunos receptores o transceptores utilizados por los radioaficionados funcionan a válvulas, se va a hacer una breve introducción de las mismas.

*La válvula termoiónica o de vacío* fue uno de los primeros componentes electrónicos.

### 3.30.1 El diodo de vacío

El diodo de vacío consta básicamente de dos electrodos, al igual que el diodo semiconductor, un ánodo y un cátodo, cuya función es idéntica a la de los diodos semiconductores. Sin embargo, la diferencia básica entre ambos estriba en la forma en que manifiestan su propiedad de bloqueo o conducción de la corriente eléctrica.

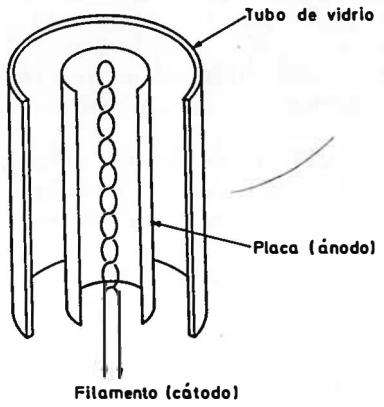



Figura 3.126 Elementos de una válvula termoiónica (diodo).

En la figura 3.126 se muestra el corte esquemático de un diodo a válvula de vacío. Sus partes más importantes son: el *filamento* y la *placa*. Esta última siempre realiza la función de ánodo. En cambio, el cátodo puede estar realizado de dos formas distintas: que el propio filamento haga la función de cátodo con lo que el diodo se llama de *calentamiento directo*; o que el filamento esté envuelto por una primera capa metálica muy cercana a éste, en cuyo caso el diodo se denomina de *calentamiento indirecto*.

En ambas versiones lo más importante es crear una nube de electrones «libres» en el espacio existente entre el ánodo y el cátodo. La *nube electrónica* se genera mediante el calentamiento del filamento. Cuando éste ha alcanzado una cierta temperatura, los electrones en la superficie del mismo tienden a liberarse de éste y crean a su alrededor la citada

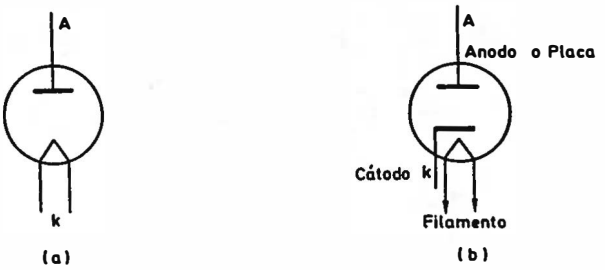



Figura 3.127 Símbolos usuales de los diodos a válvulas; *a*) de calentamiento directo y *b*) de calentamiento indirecto.

nube de electrones. A este tipo de emisión de electrones se le denomina efecto termoiónico, de donde proviene el nombre de estos componentes.

Debido a que los electrodos que forman la válvula diodo están dentro de un tubo de cristal, en el que se ha practicado el vacío, los electrones disponen de un máximo de movilidad. Si ahora se aplica una tensión positiva al ánodo respecto del cátodo (al igual que en el diodo semiconductor), la corriente fluirá del cátodo hacia el ánodo, y en este caso únicamente son los electrones los responsables de la corriente eléctrica que atraviesa el diodo.

En la figura 3.127 se puede ver el esquema de una válvula diodo, de calentamiento directo en *a*) y de calentamiento indirecto en *b*). La diferencia fundamental entre las características eléctricas de una válvula diodo y un diodo semiconductor, básicamente son:

*a*) Las tensiones de funcionamiento de una válvula diodo son muchísimo más altas que las de un diodo semiconductor.

*b*) Las corrientes que pueden circular por una válvula de vacío, generalmente son más pequeñas que las de un diodo semiconductor.

*c*) El funcionamiento del diodo semiconductor es inmediato, en el mismo instante en que se le aplica tensión, mientras que la válvula debe calentarse antes de poder efectuar su función.

Las aplicaciones de la válvula diodo son en todo semejantes a las de un diodo semiconductor, aparte las diferencias de tipo estructural inherentes a ambos. Salvo para altas y muy altas potencias, el estado actual de la tecnología de diodos semiconductores permite que éstos sean bastante más rentables y eficientes que las válvulas.

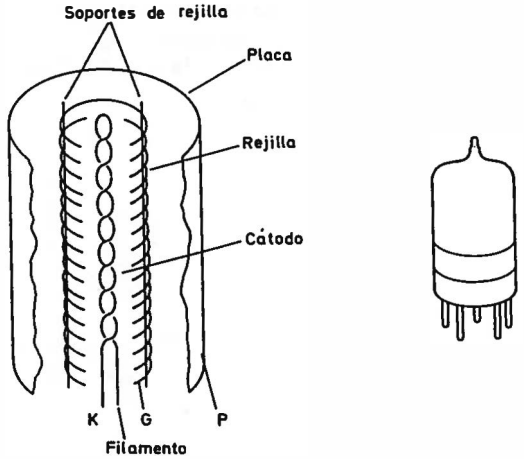



Figura 3.128 Esta ilustración muestra las distintas partes de que está compuesta una válvula triodo de vacío.

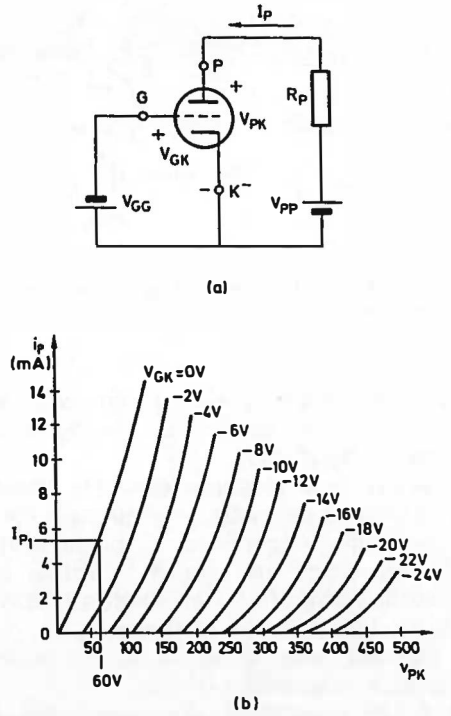



Figura 3.129 Símbolo, esquema básico de polarización y familia de curvas características de una válvula triodo.

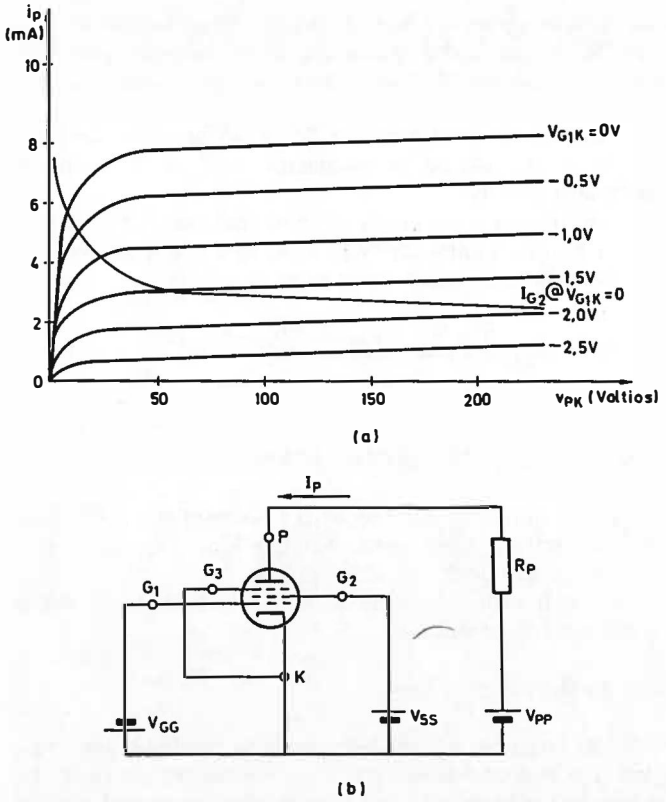



Figura 3.130 *a*) Familia de curvas características; *b*) esquema básico de polarización y símbolo de un pentodo.

De la misma forma que añadiendo un terminal al diodo semiconductor se obtenía un transistor, añadiendo un terminal (*reja*) entre la placa y el cátodo, se obtiene el denominado *triodo* o *válvula triodo*, la cual también se aplica en tareas de amplificación.

En la figura 3.128 se observa el esquema de construcción de un triodo. En él se aprecian sus tres elementos básicos: *ánodo, rejilla* de control —también llamada *grilla*— y el *cátodo*. Es de fundamental importancia resaltar que, si bien el transistor está controlado por intensidad, el triodo lo está por tensión, puesto que la tensión de rejilla controla el paso de los electrones del cátodo a la placa. Dicho comportamiento es similar al del transistor de efecto de campo.

En la figura 3.129 se muestra el símbolo del triodo, un circuito para el análisis de su funcionamiento y su familia de curvas características. En éstas se observa que, a medida que se va haciendo negativa la tensión de rejilla, disminuye la corriente de placa.

En este componente también se puede trazar la correspondiente *recta de carga* y analizar su funcionamiento en amplificación, conmutación, regulación, etc.

El triodo fue el primer dispositivo electrónico con el que se pudo estudiar el fenómeno de la amplificación. Sin embargo, al cabo de algún tiempo se logró realizar la válvula de vacío *pentodo* que presenta un factor de amplificación muy superior.

Este componente dispone de cinco terminales, tres de los cuales corresponden a rejillas intermedias entre la placa y el cátodo.

En la figura 3.130 se observa el símbolo del pentodo, el típico circuito para realizar el estudio del mismo, y su familia de curvas características. Estas son muy semejantes a las de un transistor.

La denominación de cada uno de sus electrodos es la siguiente: $G_1$, rejilla de control; $G_2$, rejilla pantalla y $G_3$, rejilla supresora.

Los potenciales aplicados a cada una de ellas son: en la rejilla, una pequeña tensión negativa; en la pantalla, una tensión positiva cuyo valor es algo inferior al de placa y la supresora, generalmente conectada al cátodo, teniendo el mismo potencial que éste (negativo).

# propagación

# 4

*José M.ª Gené Llagostera*

## 4.1 PROPAGACION DE LAS ONDAS

El desplazamiento de las ondas electromagnéticas a través de un medio se denomina propagación.

## 4.2 CARACTERISTICAS DE LAS ONDAS

Las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para desplazarse; atraviesan los materiales aislantes, el aire, el vacío, así como el espacio exterior a nuestra atmósfera llamado espacio libre o intersideral. La velocidad a la que viajan estas ondas es la misma que la de la luz, en el espacio libre corresponde a 300.000 km/s (para ser más exactos 299.820 km/s); en otros medios esta velocidad está afectada por la constante dieléctrica del material que atraviese. En la baquelita, con una constante de 3,5 viajará más lentamente que a través del polietileno que tiene una constante dieléctrica de 2,3 y más rápidamente que a través de la porcelana cuya constante es de 6,5.

Toda onda electromagnética (figura 4.1) tiene dos campos: el *eléctrico* y el *magnético*; son campos variables, de direcciones siempre perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación de la onda (figura 4.2).

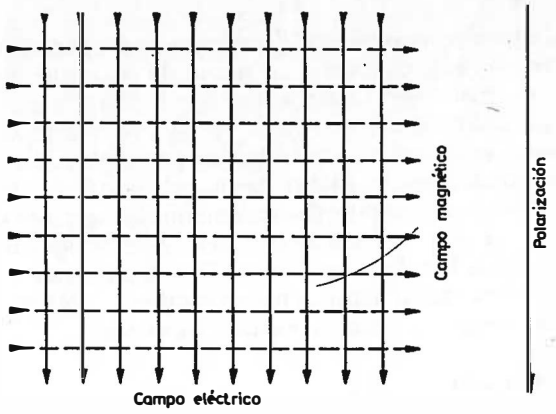



Figura 4.1 Componentes de una onda electromagnética.

### 4.2.1 Longitud de onda

La longitud de las ondas electromagnéticas en función de la velocidad de propagación en el vacío y de su frecuencia viene expresada por la fórmula: $\lambda = 300.000/f$, siendo $\lambda$ la longitud de onda expresada en metros y $f$ la frecuencia expresada en hercios.

Las longitudes de onda y sus respectivas frecuencias se clasifican según la tabla 4.1.

### 4.2.2 Polarización

Una característica de las ondas electromagnéticas es su polarización, que está determinada por las líneas de fuerza del campo eléctrico. Se dice que una onda está polarizada verticalmente cuando estas líneas tienen dirección vertical y

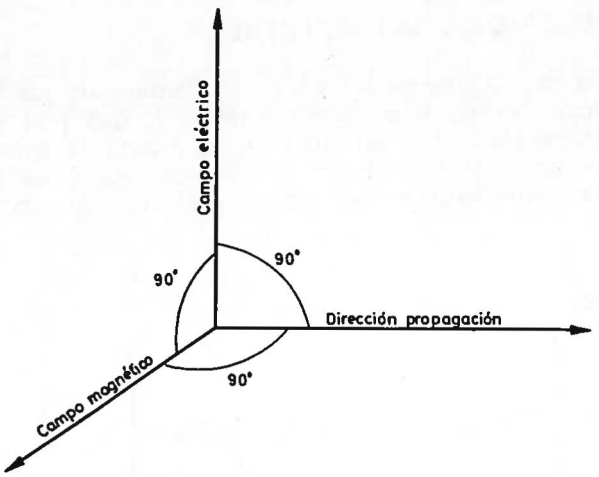



Figura 4.2 Dirección de la propagación de la onda electromagnética respecto a sus componentes.

| Número de la banda | Gama de frecuencias (excluido el límite inferior pero incluido el superior) | Subdivisión métrica correspondiente | Abreviatura |
|---|---|---|---|
| 4 | 3 a 30 kHz | Ondas miriamétricas. | VLF |
| 5 | 30 a 300 kHz | Ondas kilométricas | LF |
| 6 | 300 a 3.000 kHz | Ondas hectométricas. | MF |
| 7 | 3 a 30 MHz | Ondas decamétricas. | HF |
| 8 | 30 a 300 MHz | Ondas métricas. | VHF |
| 9 | 300 a 3.000 MHz | Ondas decimétricas. | UHF |
| 10 | 3 a 30 GHz | Ondas centimétricas | SHF |
| 11 | 30 a 300 GHz | Ondas milimétricas. | EHF |
| 12 | 300 a 3.000 GHz o 3 THz | Ondas decimilimétricas | |

Tabla 4.1 Nomenclatura de las bandas de frecuencia y de las longitudes de onda empleadas en radiocomunicaciones.

cuando son perpendiculares a ella tiene polarización horizontal; en variados casos y particularmente con las ondas de VHF, UHF y SHF sucede que la polarización no sigue siempre el mismo plano, pudiendo variar su sentido cuando a lo largo de su desplazamiento se producen reflexiones intencionadas o casuales.

### 4.2.3 Intensidad

En el espacio libre a medida que una onda electromagnética se aleja de la antena que la radia sufre una progresiva disminución en su intensidad, siendo ésta inversamente proporcional a la distancia.

En la propagación terrestre y a través de la atmósfera hay una serie de condicionantes que disminuyen o aumentan la intensidad recibida en un punto distante. La intensidad de la onda electromagnética de radio se mide por la diferencia de potencial que existe entre dos puntos situados en la dirección del campo eléctrico y separados un metro; la unidad de medida es el voltio/metro, pero dado que es una unidad grande y normalmente se utilizan sus submúltiplos: el milivoltio/metro y el microvoltio/metro.

## 4.3 TIPOS DE PROPAGACION

El camino que recorre una onda electromagnética desde que es radiada por la antena de emisión y es recibida en la de recepción no siempre es el mismo; depende de varios factores, principalmente de su frecuencia o longitud de onda.

Según sea el medio de propagación se clasifican en: *ondas terrestres*, *ondas troposféricas* y *ondas ionosféricas*.

## 4.4 LA ATMOSFERA TERRESTRE

La figura 4.3 muestra las diferentes regiones en que se considera dividida la atmósfera terrestre; la que está en contacto con la corteza terrestre y llega a alcanzar 18 km de espesor sobre el ecuador es la *troposfera*. Le sigue la *estratosfera* que se extiende hasta 80 km de altura, estando a continuación la *ionosfera*. Estas capas se subdividen en regiones relativamente limitadas y delgadas que pueden ionizarse y producir la reflexión o refracción de las ondas de radio que lleguen a ellas con una serie de condicionantes.

La primera de estas capas está en la estratosfera: se denomina capa $D_1$ estando situada a una altura de unos 50 km, le sigue la región $D_2$ en el límite inferior de la ionosfera; a continuación se encuentra la E, en ella por encima de 80 km se produce esporádicamente la $E_s$, a 105 km la $E_1$ y a 160 km la $E_2$. A continuación se localizan las capas $F$: la $F_1$ a una altura de 250 km, la $F_{1,5}$ sobre los 250 km y la $F_2$ entre 380 y 390 km. En otro apartado veremos qué longitudes de onda son capaces de reflejarse en estas capas según su grado de ionización y cómo se producen estas reflexiones.

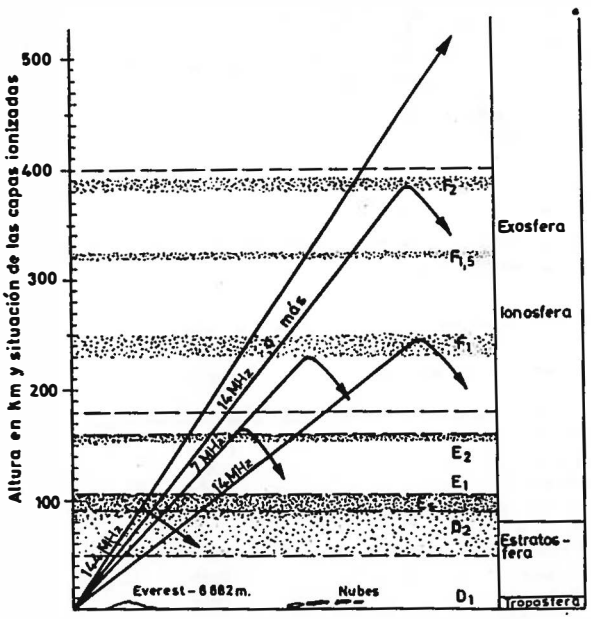



Figura 4.3 Regiones y capas ionizadas de la atmósfera terrestre.

## 4.5 FENOMENOS EN LA PROPAGACION

En la propagación de las ondas de radio existen una serie de fenómenos, comunes a todas las otras radiaciones electromagnéticas, como las luminosas. Estos fenómenos son la *reflexión*, la *refracción* y la *difracción*.

### 4.5.1 Reflexión

Cuando una onda choca contra una superficie y es devuelta normalmente en parte se produce una reflexión; en el caso de que esta superficie sea buena conductora, reflejará casi toda la energía que llegue a ella, disminuyendo su poder reflectante a medida que sea más aislante; es decir, el poder de reflexión de una superficie es directamente proporcional a su conductividad. La reflexión de las ondas de radio cumple las mismas leyes que en óptica y en el caso de un espejo plano el ángulo incidente es igual al de reflexión.

### 4.5.2 Refracción

Es el fenómeno que desvía la dirección de propagación de las ondas de radio cuando éstas pasan de un medio a otro medio en el cual la velocidad de propagación es diferente; en la atmósfera se da esta circunstancia por varias causas, como pueden ser: temperatura, humedad etc., que producen una diferente conductividad en distintas capas. Esto hace que las ondas de frecuencias muy elevadas se propaguen más lejos del horizonte óptico y que la dirección de propagación se incurve, siguiendo la forma de la Tierra. Algunas veces puede confundirse la refracción con la reflexión debido a la fuerte intensidad con que se reciben las ondas.

### 4.5.3 Difracción

Sabemos que las ondas de radio tienen en muchos casos propiedades semejantes a las lumínicas. Todo rayo luminoso que encuentre un obstáculo en su trayectoria produce sombra y penumbra; una onda de radio que encuentre un obstáculo deja al otro lado de él una zona de sombra o un área en la cual no llega esta onda y una parte entre la sombra y la zona iluminada en donde la intensidad de campo es muy pequeña en comparación con el área de rayo directo.

## 4.6 ABSORCION

Las ondas de radio pierden parte de su energía en sus recorridos, ya que al excitar a los electrones, parte de la

energía se pierde o disipa en forma de calor y sólo una parte es irradiada; esta absorción es mayor cuando mayor es la densidad de partículas no ionizadas en la atmósfera.

## 4.7 ALTURA VIRTUAL

Las regiones reflectantes de la atmósfera no están delimitadas, sino que su extensión y espesor es variable; si hiciéramos un corte en una de ellas veríamos que la mayor densidad corresponde a su parte central, mientras que la ionización decrece hacia los extremos hasta desaparecer.

La reflexión de las ondas de radio no es uniforme y la dirección de propagación se incurva, ya que en realidad se ha producido una refracción. La altura virtual, es la medida de la perpendicular a la tierra desde el punto que obtendríamos alargando los brazos que forman los puntos de transmisión y de recepción con los extremos del arco que se forma en la capa refractante (figura 4.4); por tanto la altura virtual es siempre mayor que la real. La longitud del salto real es igual a la que se produciría si la onda se hubiera reflejado a una altura superior equivalente a la altura virtual.

## 4.8 SALTO DE UNA ONDA

En la figura 4.5 vemos que la distancia entre el punto transmisor y el receptor viene determinado por la altura virtual. Hay otros determinantes tanto más importantes, como son: el ángulo de incidencia de la onda y su frecuencia; cuanto mayor sea el ángulo de incidencia, más distancia de salto podremos lograr y, a medida que el ángulo disminuya, el salto se reducirá, hasta que para un cierto valor de él la onda penetra en la capa y se pierde. Al volver la onda a la tierra ésta puede reflejarla a la ionosfera donde sufrirá una nueva incurvación que producirá un nuevo salto.

En cada salto la señal o la onda sufren unas pérdidas, que en parte dependen de la constante dieléctrica del lugar en que se produce la reflexión; la constante dieléctrica puede variar desde 81 para el agua del mar, pasando de 17 a 15 en tierra firme y llegando a 4 o 5 en las ciudades. Por consiguiente, cuando en el camino de la onda de radio intervienen varios saltos, la intensidad de recepción será mayor si la onda se refleja en el mar o agua dulce que si se refleja en el suelo.

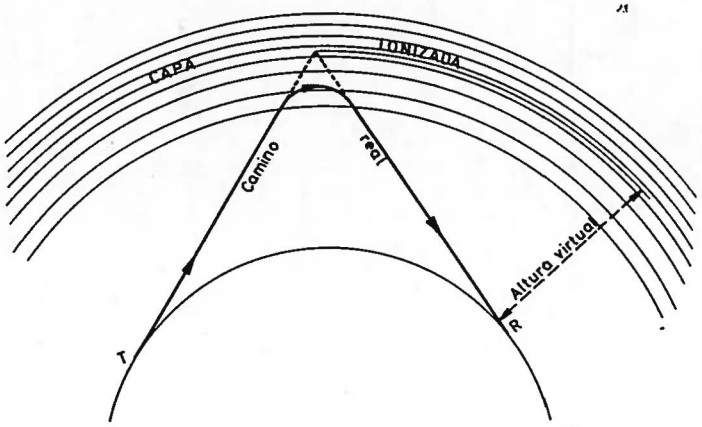



Figura 4.4 Altura virtual de la reflexión de las ondas de radio.

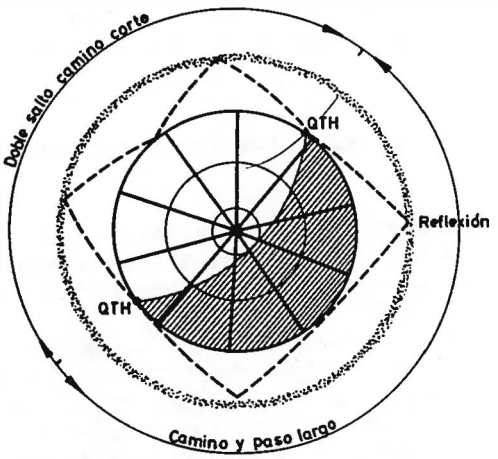



Figura 4.5 Reflexión de las ondas de radio.

## 4.9 FRECUENCIA CRITICA

Es la frecuencia de la onda de radio para la cual no se produce ninguna reflexión. Todas las ondas de frecuencia superior a ella atravesarán la ionosfera sin cambio de dirección y todas las de frecuencia inferior serán reflejadas hacia la tierra.

Numerosos observatorios tienen aparatos para medir esta frecuencia crítica; en España, entre otros, el Observatorio del Ebro en Roquetas (Tarragona) puede predecir con bastante exactitud el alcance de las comunicaciones partiendo de la medición de la altura de la capa reflectante y de la frecuencia crítica. Para ello se utiliza un aparato, llamado sondeador ionosférico, cuyo principio es semejante al del radar, (aunque éste es muy posterior) que funciona por el sistema Breit y Tuve. En esencia consiste en radiar verticalmente un pulso, que es devuelto hacia el receptor por las capas ionizadas, en donde queda registrado. Haciendo esto en varias y diferentes frecuencias se ve la que no es reflejada, pudiéndose fijar la frecuencia crítica. Normalmente estos equipos «ecosondas» funcionan de un modo automático, variando la frecuencia para obtener un registro continuo de puntos frecuencia-altura (figura 4.6).

Con estos datos acumulados, se ha logrado conocer la relación que existe entre propagación, frecuencia crítica y altitud de las capas ionizadas.

## 4.10 LA IONOSFERA

Recordemos que en la atmósfera terrestre existe una región llamada ionosfera, la más extensa de todas; empieza sobre los 80 km de altitud extinguiéndose a los 450 km aproximadamente.

Diferentes capas ionizadas superpuestas dentro de ella son las que producen los fenómenos que permiten las comunicaciones a gran distancia. La explicación de estas ionizaciones es la siguiente: cuando un átomo de oxígeno o nitrógeno es excitado por los rayos ultravioleta procedentes de las radiaciones solares, entra en oscilación, y ésta llega a ser tan violenta que algunos electrones del átomo se desprenden, dejando un ion y un electrón libres, los cuales recorren un camino para unirse con otro electrón o ion libre y formar un nuevo átomo, En la región de menor densidad, la formación de los átomos es lenta, debido a que los iones y electrones están más distanciados. Durante el tiempo en que los iones y electrones están libres, las ondas de radio que chocan con ellos los ponen en oscilación radiando la

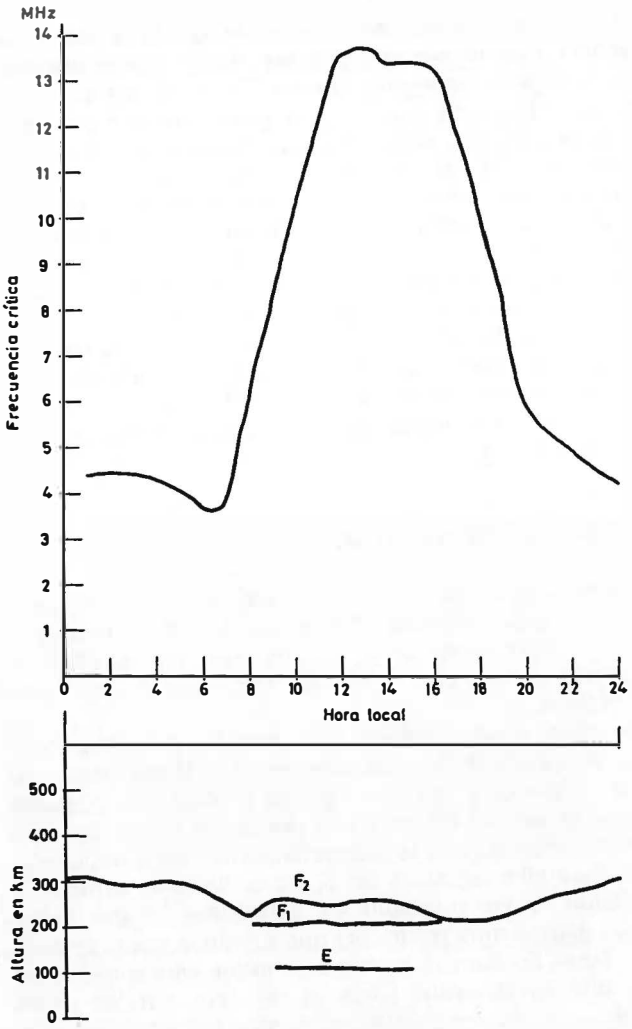



Figura 4.6 Gráfico que relaciona la frecuencia crítica con la altura de las capas ionizadas en un día cualquiera de invierno.

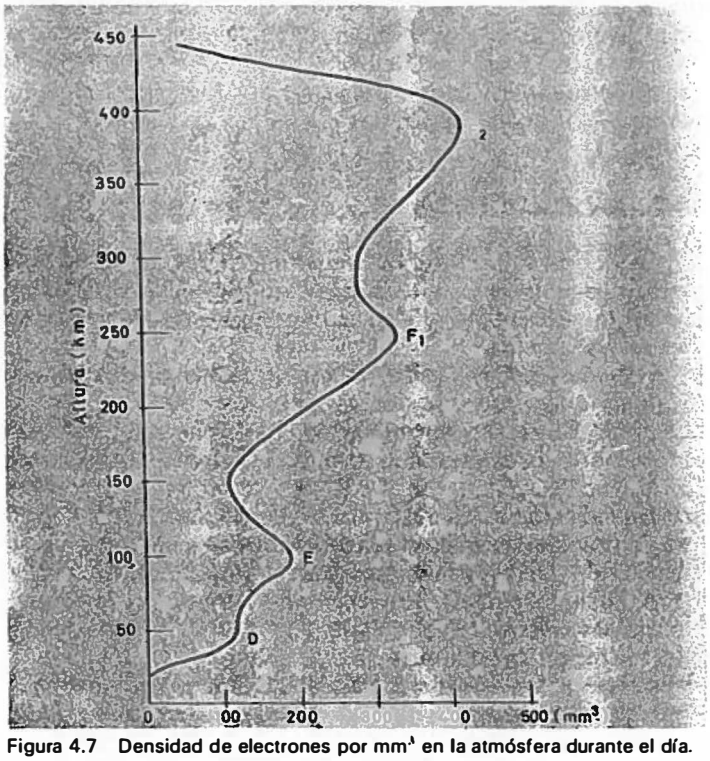



Figura 4.7 Densidad de electrones por mm³ en la atmósfera durante el día.

energía que reciben. Cuando los electrones se recombinan con los iones rápidamente, la energía que los ha puesto en oscilación se disipa en un tanto por ciento elevado, siendo muy poca la energía radiada.

En la composición química de las diferentes regiones de la ionosfera encontramos ozono a los 75 km de altitud; a los 100 km el ozono abunda más en forma molecular, para pasar a oxígeno atómico a los 200 km, llegando al límite o final de la ionosfera entre los 450 y 500 km, donde hay moléculas de hidrógeno y átomos de oxígeno en pequeñas proporciones y muy separados.

Al llegar las radiaciones solares a la ionosfera encuentran la región en que la concentración molecular y de átomos es muy débil; por lo tanto, es fácil de ionizar y ser excitada por unas frecuencias determinadas. En regiones inferiores, con más moléculas y átomos, el poder de ionización es mayor, pero el camino de los electrones es más corto y por tanto la densidad de ionización es más debil, llegando a la capa baja de la ionosfera en que casi no se produce ionización (figura 4.7).

Durante la noche, dado que los rayos solares no existen, la ionización de la ionosfera se detiene; solamente en las regiones más altas sigue alguna actividad, debido al retardo que sufren los electrones en unirse con los iones (figura 4.8).

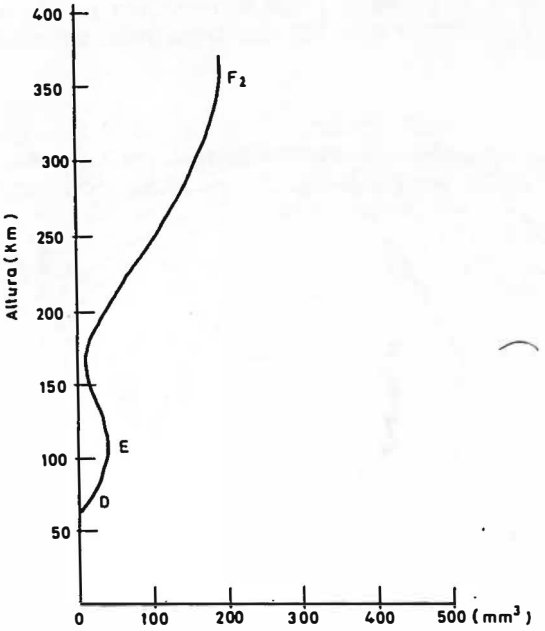



Figura 4.8 Densidad de electrones por mm³ en la atmósfera durante la noche.

### 4.10.1 Perturbaciones en las comunicaciones ionosféricas

Las comunicaciones que se realizan vía ionosfera pueden ser perturbadas o interrumpidas debido a fenómenos que se producen en la superficie solar tales como bruscas erupciones y manchas solares.

Pasados unos 15 minutos después de haberse producido una brusca erupción solar, las comunicaciones vía ionosfera son afectadas en gran manera, principalmente las comprendidas en frecuencias de 2 a 30 MHz; durante un tiempo que puede durar de varios minutos a una hora, la frecuencia crítica disminuye y la absorción aumenta, llegando a atenuar

las señales unos 38 dB por debajo del nivel normal. A medida que aumenta la intensidad de la perturbación, las señales desaparecen.

Otra perturbación con efectos similares es la producida por las tormentas ionosféricas, causadas por la llegada de partículas desprendidas de las manchas solares. Después de unas 30 horas de haberse observado la formación de alguna mancha importante, se notan sus efectos, los cuales pueden durar varios días seguidos.

### 4.10.2 Tormentas magnéticas

Las tormentas magnéticas en la ionosfera también son producidas por el sol, cuando en ciertos momentos emite ondas electromagnéticas. Estas tormentas dificultan la recepción por el ruido que generan, siendo más intenso en las regiones cercanas al ecuador y en frecuencias superiores a los 10 MHz, pudiendo durar varios días.

### 4.10.3 Ciclo solar

La principal causa de la propagación ionosférica y que está en relación directa con ella, es debida a la radiación ultravioleta, que procedente del sol llega a nuestra atmósfera, produciendo su ionización, que en función de la actividad solar será fuerte o débil.

La actividad solar viene determinada por el número de manchas de su superficie; con ayuda de telescopios adecuados las manchas son contabilizadas, ya que radian la mitad de la luz que emite la superficie normal del sol, dando la impresión de zonas apagadas.

Después de muchos años de observaciones de la superficie solar (hay datos fidedignos desde el año 1750) se sabe, que el número de manchas visibles sigue un ciclo de 11,1 años, en que van aumentando desde muy pocas, para pasar por un máximo y volver al mínimo (figura 4.9). Actualmente hay varias revistas que publican las predicciones y número de manchas para períodos largos; entre ellas está el Boletín de Telecomunicaciones, órgano oficial de la ITU.

A partir de las observaciones y teorías al respecto se sabe que estas variaciones son periódicas, pero no se conoce a qué leyes obedecen estos ciclos, o si cumplen alguna ley. Por los datos que se tienen de ciclos pasados se ve que el número de manchas por ciclo no coincide.

Durante los ciclos en que la cantidad de manchas es mayor, la ionización también lo es y la frecuencia utilizable sube mucho. Durante el ciclo 19, en el mes de octubre de 1957, el número de manchas llegó a 209, siendo el máximo registrado hasta la fecha, y el mejor período para las comunicaciones a gran distancia. Las bandas de 14 y 21 MHz estaban con propagación las 24 horas del día, la de 28 MHz desde antes del amanecer hasta bien entrada la noche, mientras que la de 50 MHz era buena para trabajar estaciones situadas a unos 3.000 km sin problemas casi 12 horas al día. La máxima frecuencia utilizable sobrepasó los 70 MHz.

Posteriormente, el ciclo 20 sobrepasó las predicciones, con un máximo de 126 manchas, prediciendo para el ciclo 21 unas 50 manchas, pero posteriormente nuevos métodos de recuento, revelaron que podría incluso sobrepasar al ciclo 19, cosa que ya se ha comprobado. El período octubre-noviembre de 1979 casi igualó al mismo de 1957, el año 1980 fue algo peor y tuvo un máximo en los años 1981 y 1982, bajando la actividad del sol en 1983.

La actividad solar se expresa en unidades Wolf, obtenidas al aplicar la siguiente fórmula:

$$R = K\ (10\ G - S)$$

$K$ es una constante que aplica cada observatorio.
$G$ es el número de grupos de manchas.
$S$ es el número de manchas contabilizadas.

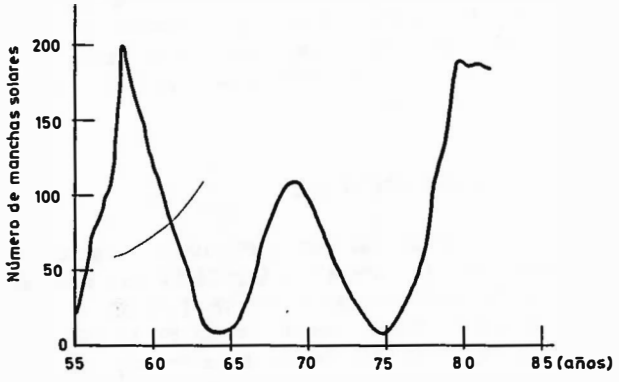


Figura 4.9 Ciclos solares.

## 4.11 FRECUENCIA MAXIMA UTILIZABLE

La frecuencia máxima utilizable, MUF, estará siempre por debajo de la frecuencia crítica, ya que como hemos visto ésta se pierde en el espacio y no es reflejada; por lo tanto, existe un límite en la frecuencia de una onda que la ionosfera refleja, siendo ésta la frecuencia máxima que es devuelta a la tierra. Tiene el problema de estar muy cerca de la frecuencia crítica, la cual sufre muchas variaciones a lo largo del día y del tiempo.

## 4.12 FRECUENCIA OPTIMA DE TRABAJO

La frecuencia óptima de trabajo, FOT, está normalmente un 15 % más baja que la frecuencia máxima utilizable, lográndose con su empleo una mejor estabilidad y fiabilidad en los circuitos durante unos tiempos determinados. Para un mismo punto de recepción nos dará una menor intensidad de campo que la que nos daría la MUF, por tanto es importante situarla cerca de ella para obtener mejor señal.

## 4.13 FRECUENCIA MINIMA UTIL

Para un circuito «transmisor-ionosfera-receptor» sabemos que la frecuencia que nos dará mayor intensidad es la MUF. Normalmente se emplea la FOT para una mejor fiabilidad; si seguimos bajando la frecuencia de trabajo, llegaremos a un punto en que los ruidos atmosféricos y otras causas serán mayores que la señal recibida. Esta frecuencia ya no es útil para el circuito, pero un poco antes de ella (o sea una más alta), tendremos la frecuencia más baja utilizable para el circuito.

## 4.14 DESVANECIMIENTO (FADING)

La intensidad de recepción de una señal reflejada en la ionosfera no siempre es constante; puede sufrir variaciones en muy corto tiempo, disminución de la señal para volver a su nivel, o producirse alternativamente durante un intervalo

de tiempo. Este fenómeno puede ser debido a diversas causas: la variación de la frecuencia máxima utilizable para frecuencias próximas a ella, una rápida absorción en el medio en que se propagan las ondas, o un cambio de polarización o de fase. El desvanecimiento puede ser rápido o lento, fuerte o débil.

El desvanecimiento por absorción no es muy frecuente y normalmente produce una lenta y larga variación de la señal.

El desvanecimiento producido por polarización se da cuando una onda que es reflejada o refractada por la ionosfera sufre unos cambios de polaridad.

El caso más usual es el desvanecimiento por fase que se da cuando una onda llega al receptor por diferentes caminos a la vez y una parte de la información se recibe antes que la otra, de tal manera que se ha producido un desfase que puede variar de 0 a 180 grados; la resultante en intensidad será del doble a cero de la intensidad normal.

## 4.15 PROPAGACION TROPOSFERICA

La troposfera es la parte de la atmósfera que está en contacto con la Tierra y tiene un espesor de 10 km; a través de ella se realizan las comunicaciones de HF de corto alcance así como las de VHF y frecuencias superiores.

La densidad de la troposfera en condiciones normales disminuye proporcionalmente con la altura, provocando una incurvación de las ondas emitidas con un ángulo de radiación pequeño.

Tenemos una fórmula que permite conocer el alcance de una onda de radio que se propague por la troposfera, siempre que el terreno sea despejado entre los puntos transmisor y receptor:

$$D = 4{,}1\ (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})$$

$D$ es la distancia expresada en km
$H_1$ y $H_2$ son las alturas en que se encuentran las antenas sobre el nivel del mar, expresadas en metros.

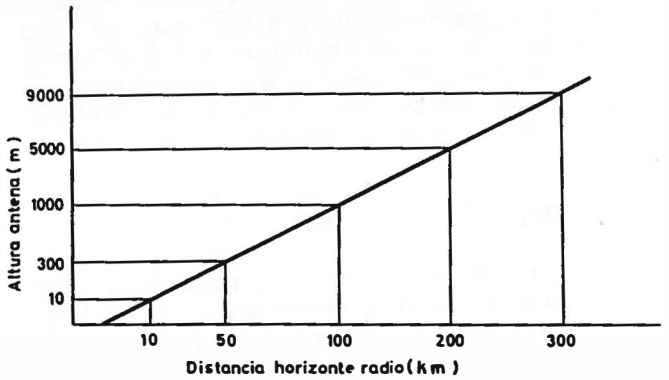



Figura 4.10 Distancia de propagación al horizonte de radio en función de la altura de la antena emisora o receptora.

A la distancia obtenida se la llama «horizonte de radio», el cual es siempre mayor que el horizonte óptico (figura 4.10).

La intensidad de una onda que se propaga por la troposfera varía de acuerdo con las características del tiempo meteorológico, turbulencias en el aire, humedad, temperatura, etc. Para este sistema de propagación, la polarización de las ondas se mantiene a lo largo del circuito, lo que obliga a tener en los dos terminales la misma polarización de antena.

## 4.16 ONDA DE TIERRA

Se llama onda de tierra (figura 4.11) a las ondas de radio que se propagan a muy poca altura sobre la tierra, esto es cerca de su superficie. Estas ondas son afectadas por los accidentes geográficos y la onda que llega a la antena receptora es la resultante de la onda directa y de la reflejada por el suelo. Depende de variables como la frecuencia, la naturaleza del suelo y altura de las antenas. Por este sistema se propagan muchas de las ondas medias.

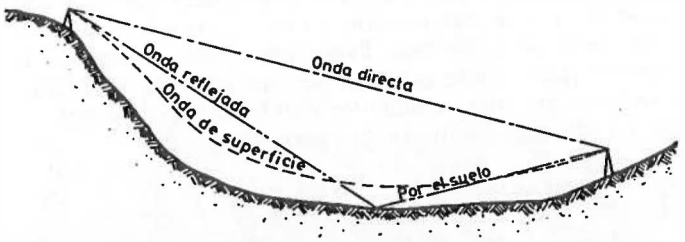



Figura 4.11 Clases de ondas terrestres según su trayectoria.

## 4.17 LA PROPAGACION DE 1,5 A 30 MHz

En comunicaciones a distancias superiores a 100 km y para frecuencias comprendidas entre 1,5 y 30 MHz, las transmisiones del radioaficionado se realizan por reflexión en la ionosfera.

En este apartado vamos a estudiar las diversas capas que se ionizan y la duración del fenómeno.

La capa $F_2$, es la que normalmente se utiliza en casi todos los comunicados, su grado de ionización, espesor y altitud varían según el número de manchas y actividad solar. También influye la estación del año, o sea la inclinación del eje de la tierra y si es de día o de noche. Aparece con la salida del sol, llega a su máxima ionización después del mediodía, entre las 14 o 15 horas GMT, decreciendo progresivamente a partir de esta hora, para mezclarse durante la noche con la capa $F_1$, situada debajo de ella y formar la capa $F$.

Durante el día la capa $F_1$ se sitúa por debajo de la $F_2$; se trata de una capa que normalmente no refleja ninguna onda, antes bien, absorbe la energía de las ondas que se reflejan en la $F_2$.

La capa $E$ se encuentra situada a unos 100 km de altitud, alcanza su máximo de ionización alrededor del mediodía, para decrecer y quedar prácticamente sin utilidad por la noche. La esporádica capa $E$ se forma en la parte superior de la misma, por ionizaciones muy potentes, en superficies delgadas que reflejan las ondas de HF a distancias máximas de 1500 a 2000 km. Estas superficies o nubes ionizadas suelen tener movimiento de traslación desde que se forman hasta que desaparecen; su duración es muy variable y va de unos minutos a algunas horas.

## 4.18 BANDA DE 160 METROS

La banda de 160 m corresponde a las ondas de radio con frecuencias comprendidas entre 1.800 y 2.000 kHz; con ella se pueden realizar comunicaciones por rayo directo a unos 50 km de distancia; lográndose a través de la capa $F_2$ distancias de varios miles de kilómetros; es posible utilizarla durante la noche. Es la banda menos afectada por los ciclos

solares, ya que la MUF nunca ha bajado de los 3 MHz; los saltos son del orden de 1.600 km y la máxima distancia conseguida por múltiple salto ha sido de unos 16.000 km.

## 4.19 BANDA DE 80 METROS

La banda de 80 m corresponde a las frecuencias de 3.500 a 4.000 kHz siendo más útil por la noche que durante el día, debido a la absorción que sufre y a los ruidos; durante los máximos de los ciclos solares se logran distancias de unos 800 km, siendo bastante difícil el salto múltiple que se puede lograr en las noches de invierno a distancias de varios miles de kilómetros.

## 4.20 BANDA DE 40 METROS

La banda de 40 m corresponde a las frecuencias de 7.000 a 7.300 kHz; reflejada en la capa $F_2$ de día se puede comunicar a distancias de hasta 1.500 km. En invierno, al amanecer y al anochecer se logran comunicaciones con todo el mundo; es muy afectada por los ciclos solares y variaciones ionosféricas. La distancia que se logra con un salto es de más de 1.000 km.

## 4.21 BANDA DE 20 METROS

La banda de 20 m es la banda por excelencia de los radioaficionados. Está abierta normalmente las 24 horas del día hacia alguna dirección o circuito y queda cerrada cuando el ciclo solar está en el mínimo, susceptible a desvanecimientos. Normalmente se logran contactos con todo el mundo.

## 4.22 BANDA DE 15 METROS

La banda de 15 m corresponde a las frecuencias de 21 a 21,7 MHz. Es muy variable, dependiendo de los ciclos y actividad solar. En sus mínimos queda desierta pero en los máximos solares hay mucha actividad, ya que con poca potencia se logran comunicados con todo el mundo. En las zonas del ecuador esta banda está abierta día y noche.

## 4.23 BANDA DE 10 METROS

La banda de 10 m corresponde a las frecuencias comprendidas entre 28 y 30 MHz. Está cerrada durante los mínimos de actividad solar, pero en épocas de máxima actividad se logran muy buenos DX con poca potencia durante el día por reflexión en la capa $F_2$; también la capa esporádica $E$ permite comunicados a distancias de hasta 2.000 km.

## 4.24 PROPAGACION EN VHF, UHF Y SHF

Sin duda alguna las frecuencias asignadas a los radioaficionados en el espectro de VHF-UHF-SHF constituyen un potencial enorme en anchura de banda en comparación con las que tenemos otorgadas en HF, pero a pesar de esto son las menos usadas de todas, exceptuando los 144 MHz que gozan de mucha popularidad, principalmente en Europa y Norteamérica. En la tabla 4.2 encontramos las bandas que están concedidas en nuestro país. Además de éstas, hay

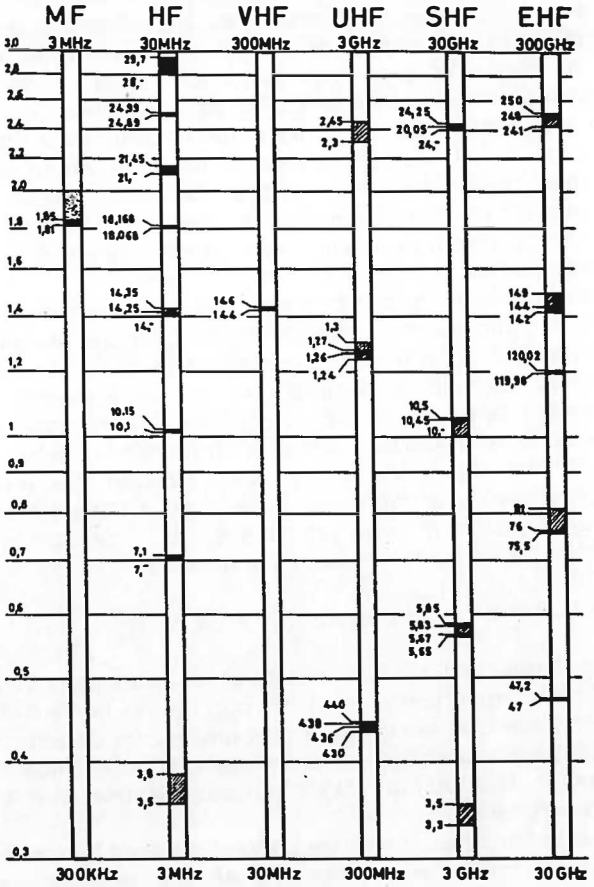



Tabla 4.2 Ginebra-WARC 79 Bandas radioaficionados Región I.

otras que son usadas en otras partes del mundo y que son muy interesantes por los fenómenos de propagación, como ocurre en la de 6 metros.

Así pues, en este espectro tenemos asignados 1.200 MHz por sólo 3 MHz en HF, con lo que las frecuencias superiores a 50 MHz son las que van cogiendo auge y constituyen una salida a la congestión actual de las bandas decamétricas.

Estas bandas las podemos dividir en tres bloques diferentes atendiendo a sus propiedades más importantes: VHF de 30 a 300 MHz; UHF de 300 a 3.000 MHz y SHF de 3 a 300 GHz.

Todas estas bandas se caracterizan principalmente por disfrutar de unos sistemas de propagación muy especiales y que no son como las de HF sino muy diferentes. En realidad gran parte de los descubrimientos relativos a la manera en que se propagan estas ondas se debe a los radioaficionados, los cuales han recopilado información, dependiendo de la técnica y de su habilidad y constancia.

En principio se creía que las comunicaciones en las frecuencias de VHF y superiores sólo servían para QSO locales con distancias relativamente cortas y en comunicaciones punto a punto en donde los factores que más influyen en el alcance son la elevación de las antenas y la potencia y sensibilidad del receptor.

Las antenas son relativamente pequeñas y eficientes al compararlas con las de HF, con lo que podemos lograr que la potencia entregada por el transmisor sea muchas veces mayor y podamos dirigir la onda hacia donde nos interese y radiar con unos ángulos muy pequeños, ya que fácilmente logramos tener la antena elevada unas cuantas longitudes de onda del suelo y la conductividad de éste afecta muy poco. En estas bandas afectan poco los ruidos cósmicos y

atmosféricos (sólo algo en los 6 metros), por lo que la sensibilidad del receptor viene dada por su nivel de ruido propio; en cambio es afectada en gran manera por las condiciones meteorológicas, a veces en períodos muy malos de propagación y en ocasiones en grandes aperturas facilitando la comunicación a largas distancias. De todas maneras, para los comunicados punto a punto, unos simples cálculos, en los que intervienen la potencia, altura de las antenas transmisora y receptora, la conductividad del terreno, el tipo de modulación y la sensibilidad del receptor, permiten predecir la fiabilidad de un circuito y asegurar la comunicación.

Afortunadamente disponemos de la oportunidad de usar otros fenómenos de propagación con los que se puede comunicar a larga distancia dentro de nuestros límites de potencia. Atendiendo al medio en que se propagan y los diferentes tipos de propagación, estos fenómenos son: *refracción troposférica, difusión troposférica, refracción ionosférica, dispersión ionosférica, reflexión por aurora, transecuatorial, reflexión por meteoritos, reflexión lunar y comunicaciones a través de satélites.* Esto demuestra las grandes posibilidades de estas frecuencias.

### 4.24.1 Banda de 6 metros (50 a 54 MHz)

Esta banda está situada en la parte más baja de la VHF, y comparte propiedades de la HF con las de la VHF. Esta mezcla hace que sea quizá la más interesante de todas las bandas ya que permite tanto QSO locales como buenos DX a distancias de 2000 km o QSO transcontinentales con Asia, Africa o América.

En esta banda casi todos los DX se realizan en los primeros 150 kHz. Para ondas directas podemos establecer una relación entre la potencia emitida, la suma de la ganancia de la antena transmisora y la receptora, y la distancia para tener una relación señal ruido que nos permita una recepción aceptable.

Con un vatio de potencia y unas antenas sin ganancia se pueden cubrir 100 km y a medida que aumentamos la distancia sin variar las antenas tenemos que aumentar la potencia; así para cubrir 150 km necesitamos 3 W, para 200 km 30 W, para 250 km 100 W, para 300 km 300 W y para 350 km 1000 W. Si la suma de ganancias de antenas fuera 10 dB, esto equivaldría a aumentar la potencia de la estación unas 10 veces, si doblamos los dB de ganancia de antena, es como si aumentásemos la potencia radiada hacia la dirección de la recepción.

Frecuentemente estas distancias son incrementadas por inversiones o *propagación troposférica* pudiéndose alcanzar más de 1000 km perfectamente.

La propagación por *aurora* permite QSO a unas distancias normales de 1600 km, siendo las condiciones necesarias de trabajo con cierta comodidad de unos 100 W y unos 6 dB de ganancia de antena.

La capa *E* ofrece unas posibilidades muy utilizadas para DX: la esporádica *E,* permite en los meses de verano y a finales de diciembre QSO entre 600 y 2000 km; ocasionalmente un salto múltiple permite ampliar estas distancias, habiéndose oído señales de Estados Unidos en Europa. Las condiciones de trabajo necesarias son muy bajas, ya que es perfectamente posible conseguir QSO con sólo 5 vatios de potencia y una antena de móvil.

El «meteor scater» (reflexión por meteoritos) permite QSO con más facilidad que en 144 MHz con distancias máximas de unos 2000 km, siendo las condiciones mínimas de trabajo de 100 W y 10 dB de ganancia de antena, con lo que es posible comunicar a través de dispersión ionosférica a distancias similares.

Los dos tipos de propagación que permiten alcanzar distancias mayores en 50 MHz son la reflexión por capa $F_2$ durante períodos de máxima actividad solar, es decir en los máximos de los ciclos, que permite QSO con casi cualquier parte del mundo con potencias de unos 10 vatios; y la propagación *transecuatorial*, también utilizable en los máximos de los ciclos solares, que permite QSO entre estaciones separadas unos 3.500 km del ecuador magnético, tanto en pasos perpendiculares como oblicuos. Aquí la potencia de transmisión ha de ser algo mayor que en el caso de reflexión por capa $F_2$.

### 4.24.2 Banda de 70 MHz

Esta banda sólo se usa prácticamente en Gran Bretaña. En ella se producen todos los efectos típicos de propagación de VHF: *propagación troposférica, comunicaciones por aurora, por meteoritos y esporádica E* con distancias máximas de unos 2000 km. Los dos primeros efectos son mejores respecto a la banda de 6 metros, pero (con reflexión por meteoritos) las ráfagas son más cortas, y la esporádica *E* aparece en menos ocasiones (ambos casos por el aumento de frecuencia). También está favorecido ocasionalmente por la capa $F_2$ (máximo registrado de MUF 75 MHz) en los máximos del ciclo solar G4BPY y VE1ASJ realizaron el primer comunicado transatlántico en banda cruzada 70 /50 MHz el día 17 de noviembre de 1980.

También es posible utilizar la transecuatorial, pero no se han realizado comunicados por no haber actividad en las zonas necesarias.

### 4.24.3 144 MHz: banda de los dos metros

En la región I tenemos la porción de 144 a 146 MHz, mientras las otras regiones se extienden de 144 a 148 MHz; los primeros 400 kHz son los utilizados fundamentalmente para DX en CW y SSB. Esta banda se encuentra de lleno en la zona de VHF y sus modalidades de propagación difieren mucho de la HF. Los efectos ionosféricos son muy reducidos y nunca ha habido reflexiones por capa *F,* aunque teóricamente sea posible.

La onda directa hasta el horizonte en terreno despejado y sin obstáculos tiene las mismas propiedades expuestas en el apartado de 50 MHz, quizá con un poco menos de alcance pero en la práctica, debido a la mayor sensibilidad de los receptores y técnicas modernas, se logran iguales resultados o mejores, y las aperturas troposféricas son mejores.

Por el momento la dispersión ionosférica en la capa *F* no es practicable debido a las limitaciones de potencia de los transmisores. La esporádica *E* permite llegar hasta distancias de unos 2000 km y por doble salto se han dado casos de casi 4000 km.

Aunque bastante menos que en 50 MHz, en esta banda se pueden producir aperturas de más de dos horas de duración. Y aunque a partir de cinco vatios se pueden hacer los QSO, siempre es recomendable disponer de mayor potencia y de una buena antena.

La *reflexión por meteoritos* (meteor scatter) también es utilizable, aunque las ráfagas son mucho más cortas que en 6 metros con unos 100 W y 10 dB de antena.

La *aurora* es también muy utilizada en las regiones de latitud elevada alcanzándose distancias de unos 1700 km; aquí normalmente, se usa la telegrafía, ya que hay una gran distorsión en las señales que son reflejadas por la aurora.

Otra modalidad con mucho auge es el llamado *rebote lunar*, con mucha actividad en América del Norte y en Europa. Las condiciones mínimas son unos 20 dB de ganancia de antena, alta potencia (800 W) y receptores con factor de ruido de 1 dB o menos.

Para finalizar, la propagación *transecuatorial* es perfectamente usable en las zonas más favorecidas, es decir unos 3.000 kilómetros por encima y debajo del ecuador magnético. Parece ser que las condiciones de trabajo cómodas son unos 200 W y 15 dB de antena, aunque el QSO sea posible con menor potencia.

### 4.24.4 Banda de 220 MHz

Poco hay que decir sobre esta banda que es solamente practicable en Estados Unidos. Es sensiblemente igual a la de 144 MHz en propagación troposférica y se puede utilizar la reflexión por *aurora* y por *meteoritos*, ambas con menores posibilidades, y raramente llega a ella la *esporádica E*. Es también posible utilizar la *transecuatorial*, y a través de *rebote lunar* se han realizado varios QSO entre estaciones de EE.UU.

### 4.24.5 Banda de 432 MHz

La banda de 70 cm está de lleno en la zona de UHF, por lo que sus características empiezan a variar bastante respecto a las anteriores frecuencias. La propagación *troposférica* es excelente y en ocasiones mejor que en 144 MHz, aunque las máximas distancias obtenidas sean algo menores. La *aurora* permite comunicados a distancias de unos 1000 km, aunque se produce menos veces que en VHF. También se han realizado comunicados a través de *reflexión por meteoritos*, usando bastante potencia y altas velocidades de CW (1000 lpm) ya que las reflexiones son muy cortas y débiles. En *transecuatorial* se han escuchado señales en 432 MHz pero hasta el momento no se ha realizado el QSO.

En esta frecuencia es donde se produce la más alta actividad en *rebote lunar*, siendo las condiciones las mismas que en 144 MHz, pero se ve beneficiada por las menores dimensiones de las antenas.

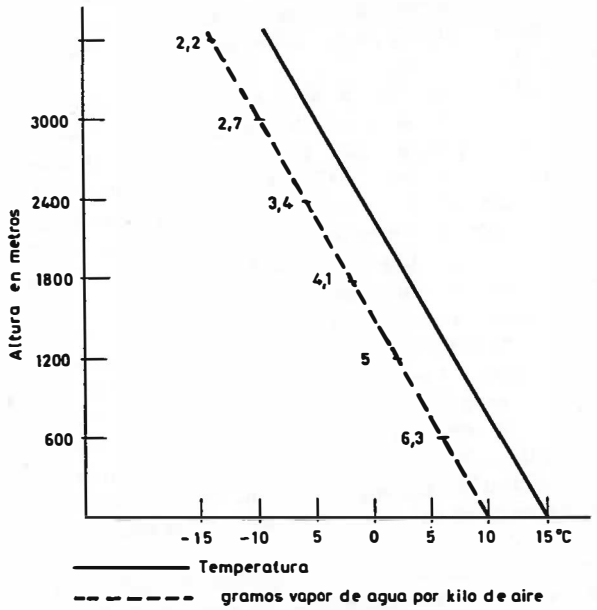



Figura 4.12 Gráfico de temperatura y contenido de vapor de agua en la atmósfera típica según altura.

### 4.24.6 Banda de 1296 MHz y frecuencias superiores

La actividad en estas frecuencias es muy pequeña, siendo las potencias utilizadas normalmente bajas. Con 1296 MHz se puede comunicar a distancias de 1000 km o más con buenas condiciones de propagación; para distancias mayores se usa el *rebote lunar* aunque todavía es escasa la actividad. Existen unas 15 estaciones en todo el mundo que utilizan potencias de 200 a 300 W y parábolas de dos a tres metros de diámetro. Esta frecuencia está más favorecida para EME, ya que el efecto Faraday es mucho menor que en 432 o que en 144 MHz.

En las otras bandas de 13, 9 y 6 cm hay muy poca actividad mientras que en la de 3 cm (10 GHz) hay bastante; en ella son frecuentes los comunicados más allá de la línea de horizonte y en casos de *superrefracción* o de conductos se ha llegado al actual récord del mundo con más de 1.000 km, que se espera superar muy pronto, para lo cual se necesita que muchos más radioaficionados activen estas bandas de microondas.

## 4.25 REFLEXION TROPOSFERICA

Cuando las ondas de radio salen de nuestra antena hacia el espacio, se ven influidas por la propagación que en gran manera afecta el alcance que podemos obtener. La mayoría de QSO que hacemos en VHF y UHF son afectados por la propagación troposférica, o sea por las condiciones de propagación de la parte de la atmósfera contigua a la superficie de la tierra y que se extiende hasta 10 km de altitud (troposfera).

En este análisis vemos que el aire contenido en ella tiene las variables de temperatura, presión y vapor de agua contenido; estas variables siguen el comportamiento representado en la figura 4.12.

En tales condiciones el alcance que podríamos esperar de nuestras transmisiones queda bastante reducido, influyendo la altura de las antenas y los equipos empleados.

En el caso de que la atmósfera fuese homogénea, el alcance sería el horizonte visible entre antenas, pero para un caso estándar de atmósfera, tal como hemos visto anteriormente, las ondas de radio en la parte de VHF-UHF se curvan (refracción), teniendo tendencia a viajar paralelas a la superficie de la tierra, lo que motiva que el horizonte visual que teníamos como alcance se vea incrementado en una distancia del 15 al 30 % del mismo y tengamos como horizonte de radio los 4/3 del horizonte óptico.

Si aquí terminasen las expectativas de los enlaces vía troposfera, éste sería decepcionante, ya que se trata de una de las partes más interesantes para los radioaficionados que se dedican al DX en VHF-UHF. Sin embargo, muchos son los motivos para que la atmósfera se mantenga inestable; el aire no está quieto, en la atmósfera tenemos vientos, nubes, borrascas, anticiclones, frentes fríos, frentes calientes, etc., influyendo todo ello en la propagación, haciendo que los enlaces sean unas veces de muchos kilómetros con unas aberturas muy espectaculares, mientras que en otros momentos la calma vuelve a nuestras bandas con unos reducidos alcances.

Para poder predecir con un cierto éxito las aperturas, o sea, las mejores condiciones de propagación, es interesante conocer, aunque sea a grosso modo, el comportamiento de la atmósfera.

Al igual que ocurre en la superficie de la tierra en que la zona más caliente está en el ecuador y las más frías en los

polos, el aire que está sobre diversas zonas tiene diferente temperatura de acuerdo con las de la superficie. En nuestro hemisferio el aire frío del polo norte viaja hacia el ecuador, mientras que el caliente de allí subirá, con el fin de llenar el vacío producido y tendiendo a equilibrar las presiones.

Por otro lado tenemos que considerar la velocidad de rotación de la tierra, que arrastra la masa de la atmósfera, lo que provoca que el aire situado sobre el ecuador tenga una velocidad de rotación hacia el este muy superior al situado en el polo; la masa de aire caliente que se desplaza desde el ecuador hacia el norte, al llegar a zonas intermedias como pueden ser nuestras latitudes, lleva un adelanto en su velocidad, lo que causa un desplazamiento de esta masa hacia el este, mientras que el aire frío polar tendrá inicialmente una baja velocidad de rotación y al llegar a nuestra latitud sufrirá un retraso, desviándose hacia el oeste. Entre el flujo que viene del norte con desviación hacia el oeste, y el caliente que procede del sur que se desvía hacia el este, habrá una masa de aire que, lógicamente, girará sobre sí mismo en sentido antihorario, formando un ciclón o borrasca. Así, vemos que en nuestro hemisferio norte las borrascas girarán siempre en sentido contrario al de las agujas del reloj. Cuando se nos acerca una borrasca, el frente frío con aire mucho más denso actuará como una pala y se situará por debajo del caliente, menos denso, produciendo una inversión (figura 4.13).

Esta inversión de temperatura la tenemos que considerar como una variación en la atmósfera típica, ya que en este caso no se cumple la norma de disminución de temperatura y contenido de vapor de agua con el aumento de la altura.

También en situaciones tranquilas de la atmósfera, cuando el aire más frío está en las capas superiores, puede producirse el desequilibrio, ya que el aire caliente de la capa inferior, al ser menos denso, tiene tendencia a subir, ocupando su lugar el de las capas superiores más denso y frío; en este caso es muy probable la formación de cirrocúmulos y esto será la señal de una posible inversión. Las nubes cirroformes se forman normalmente unos días antes de que se aproxime una borrasca y ésta llega cuando la presión baja rápidamente.

Para una cierta presión y temperatura, el vapor de agua contenido en el aire se condensa y produce lluvia; al pasar este vapor de agua del estado gaseoso a líquido se desprende una cierta cantidad de calor, pudiendo formar una capa superior con más temperatura y menos humedad. Si esta capa queda por encima de otra menos caliente y húmeda se dará otro caso de inversión.

Muchas son las condiciones atmosféricas que pueden originar inversiones, las cuales favorecen los QSO, a larga distancia. Hay una condición muy importante, casi indispensable, que es el buen tiempo, con presiones altas superiores a 1020 milibares (mbar) y bien definidas, para que las condiciones de propagación se vean aumentadas. Entiéndase por buenas condiciones fuertes señales a distancias de alrededor de 500 km.

La inversión determina una estratificación del aire a diferentes alturas; las nubes forman capas por bastante tiempo. Un síntoma de inversión es la niebla producida por la contaminación en donde las partículas que hay en el aire, junto a las gotas de vapor de agua, forman una capa a baja altura, condición propicia para su formación al no dejar esta capa que el sol caliente la tierra, mientras que su parte superior absorbe el calor. Cuando tenemos una inversión aparecen zonas en las que el índice de refracción varía abruptamente con la altura, constituyendo una capa de transición capaz de producir una desviación de las ondas

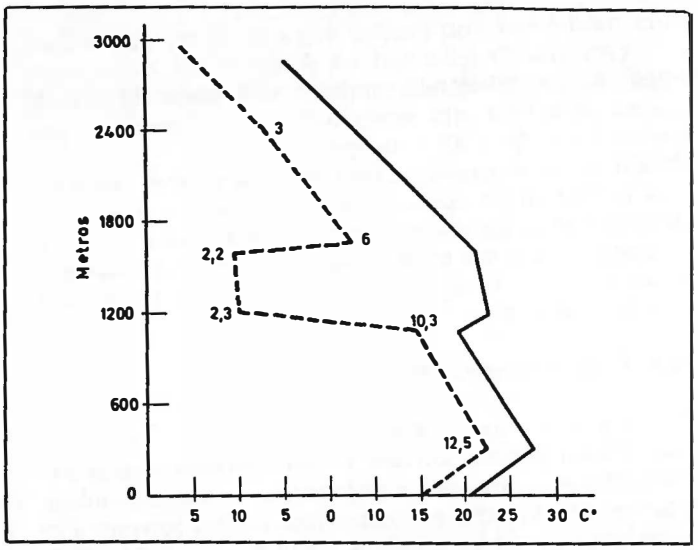



Figura 4.13 Gráfico de un sondeo de la atmósfera en el que se ven dos casos típicos de inversión, uno a nivel de tierra y otro a 1.200 metros de altitud.

muy pronunciada; de esta manera las ondas que normalmente pasan muy por encima de nuestras antenas son curvadas hacia la tierra permitiendo su recepción.

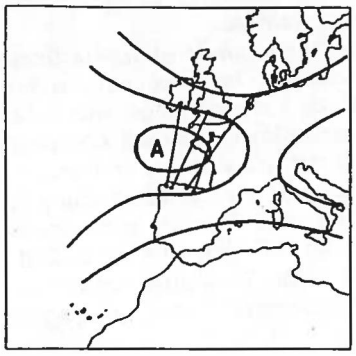
Pueden presentarse casos en que la onda llega a la antena después de numerosos rebotes, entre capas de aire o entre una capa de aire y tierra. En estos casos la onda viaja dentro de un conducto a semejanza de un «guiaonda». En estos conductos puede darse el caso de que propaguen frecuencias muy elevadas y no las de la banda de 144 MHz, ya que la separación entre capas de transición paralelas no es suficiente para ello. Las condiciones esenciales para la formación de un conducto es la estabilidad de la atmósfera y altas presiones, lo cual favorece el paso lento del aire caliente; la señal propagada por este medio puede llegar a varios miles de kilómetros, ya que su atenuación es muy moderada al circular por el conducto, pudiendo ocurrir que la señal se reciba con una intensidad igual a la que tendría si viajara por el espacio libre, en el que la intensidad es inversamente proporcional a la distancia.

Estos conductos se pueden formar a niveles bajos como puede ocurrir sobre el mar, la tierra o alrededor de los mil metros de altura, normalmente entre 600 y 900 metros (figura 4.14 *a, b, c*).

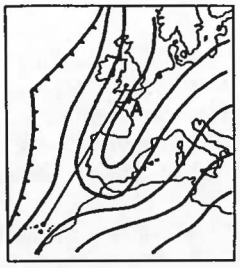
La observación de los mapas del tiempo, del barómetro y la experiencia, nos enseñan a predecir con muchos aciertos las condiciones de propagación troposférica más idóneas para intentar los DX en VHF-UHF. Las mejores condiciones las tendremos cuando en la zona existan altas presiones, buen tiempo y estabilidad atmosférica. Las posibilidades de inversión se dan cuando llega un frente frío por el NO o NNO con aire polar seco; esta masa de aire se colocará debajo del caliente de la zona. Normalmente cuando llega por la noche pueden empeorar las condiciones, pero cuando ha pasado, el cielo está limpio y vuelve la situación anticiclónica, se pueden producir inversiones que durarán muchas horas.

Seguramente la inversión se producirá al atardecer y puede durar toda la noche, desapareciendo a la salida del sol. Otra posibilidad la constituye la niebla con temperaturas bajas sobre el suelo, ya que el sol calienta la capa superior de la niebla.

*Difracción por filo de navaja:* cuando entre dos estaciones se encuentra un sistema montañoso, es posible en ciertos casos aprovechar el fenómeno anunciado, para que las




( a )



( b )

( c )

Figura 4.14. *a*) Con esta posición del anticiclón los QSO entre EA1, EA2 con Irlanda, Inglaterra, oeste de Francia, Holanda y Bélgica son muy probables. *b*) A la llegada de un frente frío y con un área de altas presiones son posibles los QSO a grandes distancias. *c*) Anticiclón sobre el Mediterráneo; son frecuentes los QSO entre EA3, EA5, EA6, EA7 con IS0,I,IT9,F,9H1.

ondas se difracten o curven y pueda establecerse la comunicación.

Los factores que influyen en este sistema son: la distancia entre las estaciones y la cima, el ángulo en que llega la onda al vértice de la montaña y la forma o naturaleza de él (figura 4.15).

La dispersión troposférica puede ser comparada al caso de dirigir un foco luminoso hacia una zona de niebla la cual queda iluminada; en nuestro caso dirigiendo la energía electromagnética (ondas de radio) hacia la troposfera encuentra partículas que son excitadas e irradian. Con este sistema de propagación se pierde gran cantidad de energía y sólo con mucha potencia, grandes antenas y buenos receptores se logran éxitos (figura 4.16).

## 4.26 ESPORADICA *E*

La esporádica *E*, como bien dice su nombre, es una reflexión que se produce ocasionalmente en la capa *E* de la atmósfera y que se caracteriza por las elevadas señales con que se recibe en estaciones distantes unos 2000 km (figura 4.17).

Figura 4.15 Difracción tipo «filo de navaja».

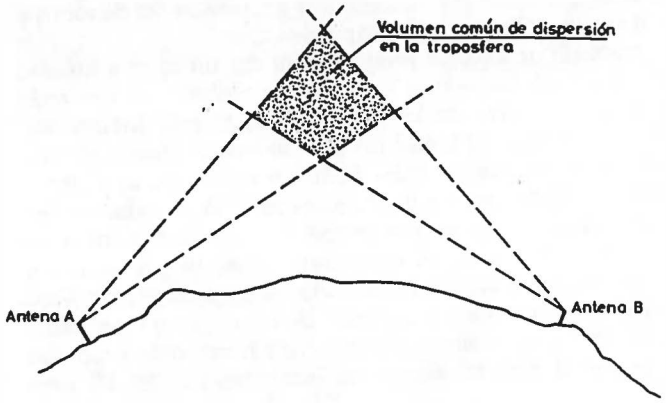



Figura 4.16 Dispersión troposférica de una onda de radio.

Los estudios realizados hasta ahora han permitido establecer tres tipos de esporádica *E* según su zona geográfica:

1.º) la de las altas latitudes, asociada con la aurora y que ocurre principalmente de noche;

2.º) la de latitudes medianas, que ha sido estudiada extensamente y que está muy relacionada con el sistema de vientos de la ionosfera;

3.º) la de bajas latitudes, que se produce principalmente cerca del ecuador magnético y fuertemente asociada a la electrocorriente ecuatorial.

Aquí vamos a tratar solamente la que nos afecta, que es la de latitudes medianas. Sobre su formación, los estudios realizados hasta ahora han observado la existencia en la región de la capa *E* de vientos horizontales de partículas neutras. Puede ocurrir que en dos diferentes alturas hayan sentidos contrarios del vector velocidad del viento, con lo que a una altura intermedia su valor será cero. Una componente en dirección este del viento junto al vector campo magnético de la tierra, dará lugar a un movimiento descendente de la ionización existente, mientras que el

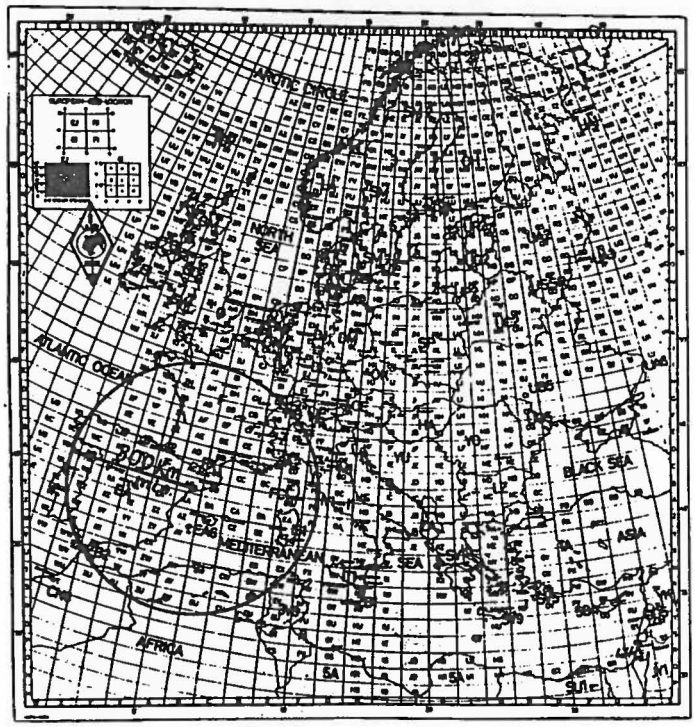



Figura 4.17 Distancia mínima a partir de la cual se puede realizar QSO vía esporádica *E*.

sentido contrario dará lugar a un movimiento ascendente. Bajo estas condiciones aparece una acumulación de iones y electrones que forman una capa ionizada.

Se trata de una visión muy sencilla del proceso y no está muy claro si es correcta o no. Otros estudios han mostrado que la mayor parte de los iones proceden de meteoritos, mientras estudios recientes en Suecia han evidenciado que permitiendo un retardo entre cuatro y nueve horas entre la entrada de meteoritos y la esporádica *E,* la correlación era mucho mayor. Además los meses de mayor aparición de esporádica *E* coincide con grandes lluvias de meteoritos y con los meses de mayor entrada de meteoritos esporádicos (finales de diciembre y los meses de junio, julio y agosto).

También en un mismo día hay unas horas más propicias para la aparición de la esporádica (entre las 10 y las 18, hora local).

A pesar de todo, la teoría anteriormente explicada puede justificar las aperturas de la parte baja de VHF y no está muy claro el proceso para la parte superior entre 100 y 150 MHz. La frecuencia límite de aparición de la esporádica parece estar localizada en 200 MHz, pero el porcentaje de aparición es muy bajo; para las frecuencias próximas a 100 MHz es de un 2 a un 3 %, mientras que para las frecuencias superiores a 150 MHz es de 1,5 %. A la frecuencia de 144 MHz aparecen señales fortísimas tan rápidamente como desaparecen, oyéndose de repente estaciones que unos instantes antes no estaban allí; o sea su aparición no es progresiva.

Las condiciones de trabajo necesarias son poco rigurosas y con cinco o diez vatios y una antena vertical se pueden hacer comunicados. Desde luego se obtendrán mejores resultados con más potencia, un buen receptor y una antena con polarización horizontal.

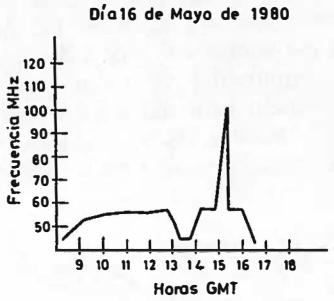
Para saber cuándo se puede utilizar la frecuencia de 144 MHz lo mejor es observar las frecuencias más bajas de VHF, por ejemplo la banda 1 de televisión, que está entre 48 y 65 MHz; cuando lleguen las estaciones potentes a unos 1000 km podemos observar la banda de emisoras comerciales de FM entre 88 y 108 MHz, y cuando lleguen estaciones que transmiten en la parte superior de esta región del espectro podremos trabajar en 144 MHz y llamar en la dirección de las estaciones de FM oídas. Para guiarnos también tenemos la banda de las balizas aeronáuticas VOR (figura 4.18).

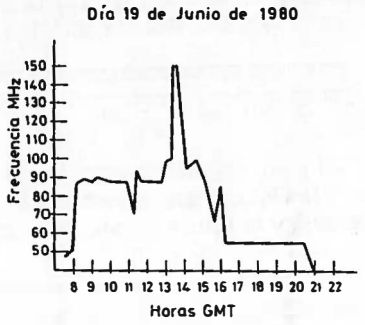
## 4.27 AURORA

La aurora es un medio bastante común de DX en las regiones de latitud elevada. Se trata de la reflexión de las ondas de radio en ella (figura 4.19).

La frecuencia que más se usa es la de 144 MHz aunque las reflexiones también se producen con 432 MHz. Las distancias máximas típicas obtenidas en 144 MHz son de unos 1500 km, el récord europeo en 1981 fue de 2000 km, mientras que las obtenidas en 432 MHz son bastante menores.

Normalmente sólo se usa la CW, ya que un efecto muy típico de la aurora es la combinación de ruido siseante que produce la ionización con el efecto Doppler creando una especie de distorsión en las señales que aumenta con la frecuencia y hace ininteligible la FM o la SSB. Por eso no se




| Hora GMT | Señales observadas |
|---|---|
| 9,15 | Primeras señales de TV del este de Europa, imagen |
| 10,00 | Siguen señales fuertes. |
| 10,15 | Imágenes TV canal E3 de Alemania. |
| 11,00 | Imágenes TV canal E3 carta de RTBF sin sonido. |
| 12,00 | Imágenes TV canal E2 de Suecia. |
| 12,30 | Imágenes TV canal E2 y E3 carta RTBF fuerte con QSB |
| 12,53 | Imágenes TV canal EA2 de Noruega (Greipstad) con sonido. |
| 13,00 | Desaparece imagen canal E3 de Noruega. |
| 13,10 | Sólo sonido canal E2. |
| 13,20 | Nada |
| 13,45 | Nada. |
| 14,20 | Imágenes desde Alemania y Austria fuertes en canales E2 y E3. |
| 15,22 | FM desde Alemania en 88 MHz. |
| 15,23 | FM desde Alemania en 100 MHz. |
| 15,27 | Fin de FM sigue TV en canal E2 y E3. |
| 16,00 | Fin de TV. |

| Hora GMT | Señales observadas |
|---|---|
| 8,10 | Primeras señales TV canales E2 y E3 muy fuertes. |
| 8,15 | FM en 88 MHz procedentes de Alemania con QSB |
| 8,35 | FM en 90 MHz desde Alemania y Francia. |
| 9,00 | Fuerte QSB sólo FM en 88 MHz de Alemania |
| 9,10 | Vuelve FM en 90 MHz desde Alemania y Francia. |
| 10,00 | Desaparece la señal en 90 MHz, sólo en 88 Alemania. |
| 11,00 | 88 en MHz desde Alemania, muy fuerte. |
| 11,20 | Sólo TV canales E2 y E3 nada en FM. |
| 11,30 | FM desde Portugal en 94 MHz. |
| 12,50 | Desaparece FM desde Portugal en 94 MHz. |
| 12,55 | FM en 88 MHz desde Alemania, muy fuerte. |
| 12,55 | FM en 90 MHz desde Alemania, muy fuerte. |
| 13,00 | FM en 95 MHz desde Inglaterra, muy fuerte. |
| 13,02 | FM en 98 MHz desde Alemania, muy fuerte. |
| 13,20 | FM en 104 MHz desde Alemania, muy fuerte. |
| 13,28 | Apertura en 144 MHz. |
| 13,35 | Termina apertura en 144 MHz. |
| 14,15 | Sigue en 95 MHz. FM desde Alemania, muy fuerte. |
| 14,15 | Sigue en 100 MHz. FM desde Alemania, con QSB. |
| 15,15 | Sólo en 88 MHz desde Alemania. |
| 15,45 | Nada en FM sólo TV canales E2 y E3. |
| 16,15 | FM en 88 MHz desde Alemania. |
| 16,25 | Sólo en imagen canales E2 y E3. |
| 21,00 | Nada, todas las señales han desaparecido. |

Figura 4.18 Dos casos típicos donde se puede observar cómo la frecuencia máxima de reflexión en la capa *E* sube para desaparecer luego.

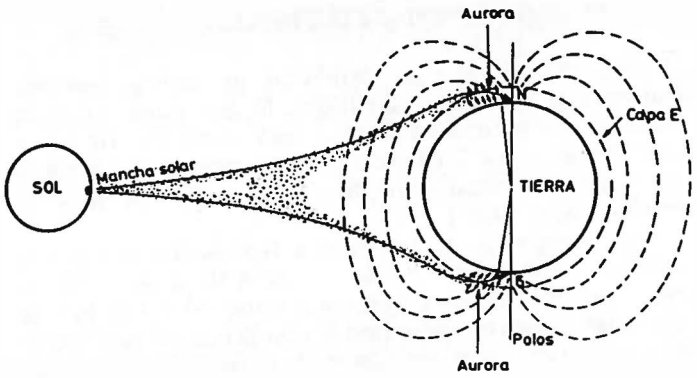



Figura 4.19 Formación de las auroras.

usa el tradicional sistema RST para pasar los controles, sino que se da el RS más una A que indica que el medio utilizado es la aurora.

El fenómeno de la aurora puede producirse en cualquier fecha del año, siendo las horas más propicias alrededor de las 17, hora local, y la medianoche. Aparentemente la zona más al sur en la que se puede trabajar por aurora es alrededor de los 45º de latitud geomagnética, aunque ocasionalmente aparecen auroras aprovechables más al sur.

La dirección de antena más común para el hemisferio norte es hacia el norte, pero la aurora no es estática sino que se mueve continuamente variando en altitud (se balancea de este a oeste y también de norte a sur); estos efectos se notan en el desvanecimiento, rápido o lento y también en la pérdida de una señal que es reemplazada por otra más al norte cuando la aurora retrocede.

La aurora es producida por las corrientes de partículas que procedentes del sol son atraídas por el campo magnético de la tierra y orientadas hacia los polos, en donde forman unas zonas verticales circulares ionizadas alrededor de los polos. Algunas veces estas zonas llegan a ser visibles y otras, en que esto no sucede, reflejan las ondas de radio. Las que se forman en el polo norte reciben el nombre de *aurora boreal* mientras que las del polo sur se llaman *aurora austral*.

Hay dos maneras de predecir la aurora con más o menos éxito: la primera y más común consiste simplemente en apuntar la fecha de una aurora, y dado que el sol tarda en dar una vuelta sobre sí mismo 27 días, hay que esperar que el mismo grupo de manchas solares cree una nueva aurora. La segunda manera consiste en observar las bandas de HF. Si aparecen en ella reflexiones por aurora a media mañana, puede producirse una aurora por la tarde emitiendo a la frecuencia de 144 MHz.

## 4.28 PROPAGACION TRANSECUATORIAL (TEP)

La propagación transecuatorial es posible entre estaciones situadas a distancias de 3500 km por encima y por debajo del ecuador magnético. También fue descubierta por radioaficionados en el año 1947 trabajando en la banda de 50 MHz.

Hay varias teorías respecto a este sistema de propagación y a su formación, pero aún no se ha podido demostrar ninguna de ellas.

Por el alcance de los comunicados es lógico que las reflexiones se formen a la altura de la capa *F*; esta propagación es utilizable desde 50 hasta 432 MHz. A últimas horas de la tarde se forma el primer tipo de propagación transecuatorial caracterizada por una bien definida MUF y por la claridad de señales, siendo prácticamente 1,5 veces más alta que la MUF prevista para la capa $F_2$.

Alrededor de dos horas aproximadamente de la puesta del sol este tipo de TEP desaparece y es entonces cuando las frecuencias de 144 MHz o superiores pueden ser fácilmente propagadas, mientras que las señales de 50 MHz no se reciban. Posteriormente pueden reaparecer las señales de 50 MHz con señales de transecuatorial pura, con su característico campaneo y desvanecimiento; este último tipo puede durar hasta altas horas de la noche.

Para la propagación transecuatorial hay zonas más privilegiadas que otras, siendo los pasos más típicos de Japón a Australia, de la zona del Caribe a Argentina y del Mediterráneo al sur de Africa (figura 4.20). Las mejores épocas para esta propagación son los meses de marzo, abril, septiembre y octubre. Trabajando a 50 MHz puede usarse cualquier modalidad de transmisión, pero en 144 MHz prácticamente sólo se usa la CW, por la debilidad de señales y su característico tintineo que parece más telegrafía en el tono de zumbido de corriente alterna. La potencia mínima de emisión aconsejada en 144 MHz es de unos 100 W aunque es preferible más potencia; por debajo de 100 W las aperturas se hacen mucho más débiles y cortas.

Las antenas usadas pueden ser simples antenas Yagi de 10 a 16 elementos, siendo dudosa la utilidad de grandes formaciones de antena, ya que no existe un ángulo bien definido de recepción, sino que la señal aparece dispersada en una amplia zona.

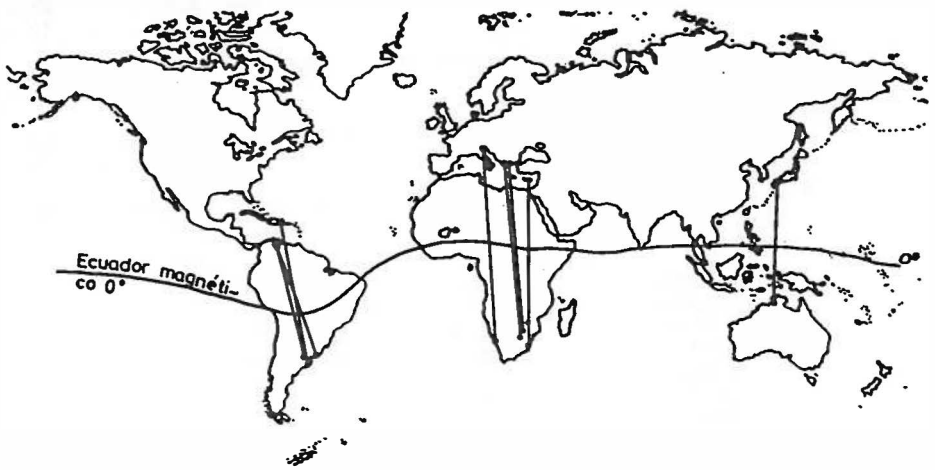



Figura 4.20 Circuitos típicos de propagación transecuatorial.

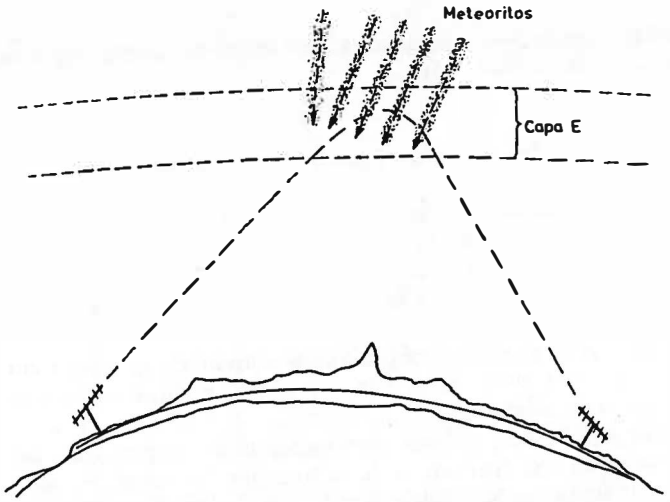



Figura 4.21 Ionización a la altura de la capa *E* producida por meteoritos.

## 4.29 REFLEXION POR METEORITOS

Conocida más por su expresión en inglés, «meteor scatter», esta modalidad de DX es la que tiene en estos momentos más auge en Europa para comunicados hasta distancias de unos 2000 km. Durante todo el día la tierra recibe gran cantidad de meteoritos de los más diversos tamaños (figura 4.21).

Cuando entran en la atmósfera el rozamiento con el aire hace que normalmente no lleguen a la tierra sino que se vaporicen en la zona comprendida entre 80 y 120 km de altura que es más o menos donde está la capa *E*; por esto el alcance máximo de la emisión es de unos 2000 km (figura 4.22).

La colisión con los átomos de la atmósfera produce un desprendimiento de calor, ionizándose los átomos cercanos durante un lapso de tiempo. Esta ionización dura muy poco, pero antes de su desaparición permite reflejar las ondas de

| Día máximo de la lluvia | Variación posible | Ecos/h. | Período útil | Mejores horas GMT, según direcciones SO-NE | E-O | SE-NO | N-S | Velocidad (Km/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Enero 4 Cuadránticas | 3/4 | 100 | 9 horas | 09,30-15,00 | 23,00-03,30 11,30-16,30 | 23,00-05,00 | 00,00-05,30 09,30-14,30 | 41 |
| Abril 22 Líridas | | 15 | 2 días | 23,00-01,30 06,00-09,00 | 02,00-04,00 | 03,30-07,30 20,30-23,00 | 05,00-09,30 20,30-01,30 | 48 |
| Mayo 5 Aquáridas | | 20 | 5 días | 02,30-06,30 | 04,00-09,00 | 06,30-10,00 | 02,00-05,00 08,00-11,00 | 64 |
| Junio 7 Ariétidas | 6/10 | 60 | 8 días | 05,00-08,30 12,30-14,00 | 07,30-10,30 | 09,00-13,30 | 03,30-07,00 11,00-14,30 | 39 |
| Junio 9 Perseidas diurnas | 8/9 | 40 | 8 días | 05,30-09,30 13,30-15,00 | 08,30-11,30 | 04,30-05,30 10,00-14,30 | 04,30-08,00 12,00-15,30 | 29 |
| Junio 16 Líridas de junio | | 10 | 2 días | 23,00-10,30 06,00-09,00 | 02,00-04,00 | 03,30-07,30 20,30-23,00 | 05,00-09,30 20,30-01,30 | |
| Julio 27/28 Aquáridas | | 15 | 2 días | 21,00-01,30 | 22,30-03,30 | 01,00-04,30 | 03,00-05,30 21,30-23,30 | 41 |
| Agosto 13 Perseidas | 11/14 | 60 | 4 días | 06,00-13,00 | 09,00-14,00 19,00-00,00 | 18,00-02,00 | 07,00-11,30 21,30-02,00 | 60 |
| Octubre 9 Dracónidas | | 10 | 1 día | 17,00-23,00 | 07,30-09,30 | 05,00-12,30 | 08,00-13,00 17,30-22,00 | |
| Octubre 21 Oriónidas | 21/22 | 20 | 2 días | 23,00-03,00 | 01,00-05,30 | 03,00-08,00 | 05,00-08,30 22,30-01,30 | 66 |
| Noviembre 8 Tauridas | | 10 | 20 días | 19,00-23,00 | 21,00-02,00 | 23,00-04,00 | 01,30-04,30 18,30-21,30 | 30 |
| Noviembre 18 Leónidas | | 10 | 3 días | 01,00-04,30 | 04,00-07,00 | 05,30-10,00 | 23,30-03,30 07,00-11,00 | 72 |
| Diciembre 14 Gemínidas | 12/14 | 60 | 3 días | 04,00-07,00 | 23,30-02,30 | 02,00-05,00 18,30-21,30 | 03,00-07,00 18,30-23,00 | 35 |
| Diciembre 22 Ursidas | 21/22 | 15 | 12 horas | 07,00-19,00 | 00,00-24,00 | 18,00-06,00 | 00,00-00,00 | 34 |

LLUVIAS MENORES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 17 | Cygnidas | Julio | 14 | Cygnidas |
| Febrero | 5-10 | Aurígidas | Julio | 18-30 | Capricornidas |
| Marzo | 10-12 | Bootidas | Agosto | 10-20 | Cygnidas |
| Marzo | 20 | Coma | Agosto | 21-23 | Dracónidas |
| Mayo | 11-24 | Herculidas | Septiembre | 7-15 | Perseidas |
| Mayo | 30 | Pegaso | Septiembre | 22 | Aurígidas |
| Junio | 15-17 | Scorpidas | Octubre | 2 | Cuadránticas |
| Julio | 2 | Tauridas | Noviembre | 22-30 | Andrómedas |

Tabla 4.3 Lluvias anuales de meteoritos, y direcciones de antena, según horas.

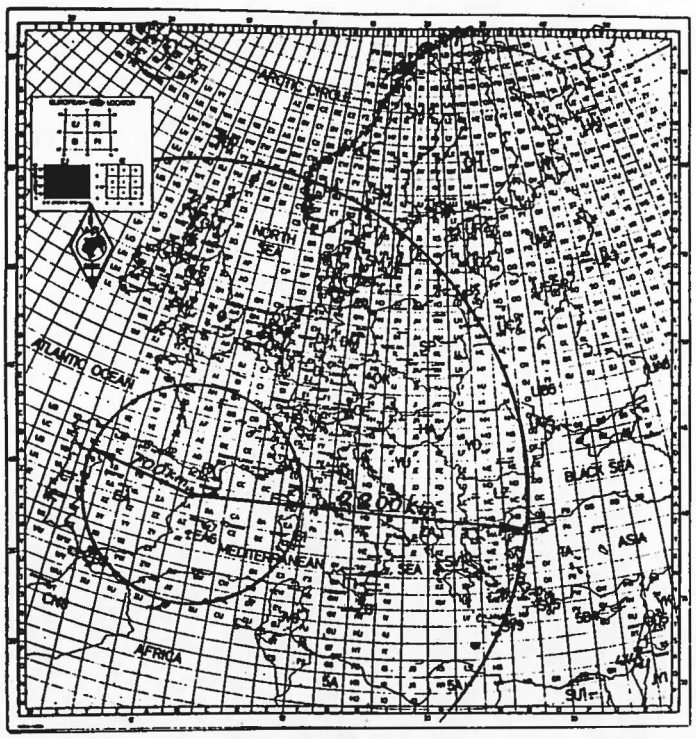



Figura 4.22 Distancias entre las cuales es posible el QSO vía «meteor-scatten».

radio, siendo éste el sistema empleado para realizar los QSO.

Los meteoritos pueden clasificarse en dos categorías: los esporádicos, que son los que entran aisladamente pero con mucha frecuencia en la atmósfera terrestre, y los de las lluvias, que son grupos de ellos moviéndose juntos a una misma velocidad en su propia órbita alrededor del sol. Estas órbitas se encuentran con la tierra cada año por las mismas fechas.

Dentro de las lluvias de meteoritos caben destacar dos tipos: aquéllas en que los meteoritos están distribuidos uniformemente en su órbita, dando cada año resultados similares y aquéllos en que no están distribuidos uniformemente y cuya actividad variará de año en año con sus correspondientes máximos y mínimos. Los mejores resultados se obtendrán en las «lluvias» frente a los esporádicos, con más y mejores ráfagas, mientras que los esporádicos ofrecen corta duración y bajas señales, quedando éstos relegados a muy buenas condiciones de trabajo o altas velocidades de telegrafía.

Para trabajar con meteoritos esporádicos las mejores horas del día son alrededor de las 6, hora local, en que la velocidad aparente de los meteoritos aumenta 30 km por segundo a causa de rotación de la tierra. A pesar de todo, el mayor interés reside en las «lluvias» ya que el número de meteoritos esporádicos normalmente no supera la cifra de 10 por hora, mientras que algunas lluvias pueden dar valores de 100.

Los requerimientos básicos para poder trabajar en «meteor scatter» consisten en esencia en disponer de un transmisor capaz de suministrar unos 100 vatios de salida como mínimo aunque son posibles reflexiones con menos potencia.

En telegrafía, el transmisor debe ser capaz de enviar buena señal a altas velocidades, ya que actualmente se trabaja a razón de 500 letras por minuto.

El receptor debe tener un factor de ruido entre 2 y 3 dB, aunque el empleo de un buen preamplificador nos ayudará en las señales recibidas y alargará el tiempo de las ráfagas.

Tampoco es imprescindible que las antenas sean muy grandes; lo más común es usar una antena Yagi entre 10 y 16 elementos, aunque, para obtener mejores resultados, es deseable que esté bastante elevada del suelo.

La antena normalmente se dirige en la dirección del corresponsal como si fuera para un comunicado normal. Hay la posibilidad de usar elevación, pero solamente se nota en el caso de comunicados a corta distancia.

# fuentes de alimentación

5

*Federico Bonnin Forteza*

## 5.1 INTRODUCCION

Las fuentes de alimentación que se utilizan en los sistemas de comunicación de los aficionados pertenecen a dos categorías bien definidas, que a su vez corresponden a su naturaleza y que determinan la fuente primaria de la que se obtiene la energía necesaria para su funcionamiento. Nos estamos refiriendo a la clasificación en equipos fijos y equipos móviles.

En los equipos fijos la fuente de alimentación primaria más cómoda, económica y usual es la red de distribución doméstica de corriente alterna monofásica de baja frecuencia y de tensión media de la que se puede obtener la energía necesaria, sin prácticamente límite alguno, y que permite adaptarla con facilidad a las necesidades de los equipos del radioaficionado.

Esta facilidad permite que en el diseño de las estaciones fijas se pueda prestar mayor atención a la obtención de las características funcionales que se desean, sin limitaciones debidas a las necesidades de alimentación. A su vez su economía y disponibilidad permite relegar a un segundo plano el rendimiento energético del equipo.

En los equipos móviles la situación es la inversa. La poca flexibilidad y la escasez de energía primaria condicionan fuertemente el diseño de los equipos para que puedan ser alimentados con las mínimas transformaciones posibles de la energía, haciendo en todo caso especial hincapié en la necesidad de un elevado rendimiento. En otras palabras, la fuente de alimentación primaria disponible es el principal dato del que se parte en el diseño de los equipos móviles de aficionado.

Aunque las disponibilidades de alimentación primaria para equipos móviles pueden ser variables según los casos, el más frecuente es el de equipos a bordo de automóviles o embarcaciones en los que se dispone de acumuladores asociados a motores térmicos que les suministran energía y que entregan corriente continua de baja tensión. Sólo en casos especiales los equipos se alimentan con pilas y son completamente autónomos, lo que permite una mayor flexibilidad en la elección de sus características, pero su limitación en disponibilidad de energía y su elevado coste restringen muy fuertemente su utilización a equipos de muy baja potencia.

Las consideraciones apuntadas se refieren a equipos completos, es decir compuestos de emisor y receptor, aunque sea el primero el que, por consumir sustancialmente mayor energía, condicione las afirmaciones constatadas.

De lo expuesto se desprende que el estudio y diseño de las fuentes de alimentación viene fuertemente condicionado por la finalidad a la que se destina el equipo. Esto no quiere decir que un determinado equipo no pueda ser utilizado más que bajo las condiciones de alimentación para las que ha sido previsto. En muchos casos esto sí será factible exceptuando el de equipos de bastante potencia diseñados para ser alimentados por la red, que evidentemente no podrán ser alimentados por los equipos eléctricos móviles sin tener que superarse dificultades corrientemente insalvables por los aficionados. Es el caso frecuente, por ejemplo, de equipos móviles alimentados por la red. En este capítulo se pretende describir tanto la alimentación directa de equipos, como los dispositivos existentes para adaptar la alimentación disponible al equipo que se desea accionar.

En resumen, para equipos fijos se dispone normalmente de la red de 50 Hz (Europa y determinadas zonas de Iberoamérica) o bien de 60 Hz (determinadas zonas de América) a tensión de 220 V, aunque existan determinadas zonas en las que se utilizan tensiones inferiores (115 o 127 V). Estas tensiones se suelen mantener dentro de unas tolerancias de +10 % a −15 %.

En equipos móviles a bordo de automóviles y embarcaciones provistos de motor de gasolina se utiliza universalmente una tensión continua de 12 V. Si los motores son Diesel, normalmente en vehículos de gran tamaño (camiones, lanchas, etc.), la tensión es el doble o sea 24 V. La estabilidad de dicha tensión está comprendida entre +10 y −10 %. Esta estabilidad no incluye las fuertes caídas que se producen cuando se utilizan acumuladores para el arranque de los motores térmicos a ellos asociados; no obstante la interrupción del servicio que sufren los equipos del aficionado durante los breves períodos de tiempo en que esto acontece son en este caso de escasa consideración.

De forma general, si se exceptúa el caldeo de los filamentos de las válvulas, todos los equipos utilizados por el radioaficionado necesitan corriente continua para su funcionamiento. Así pues, todas las fuentes de alimentación entregan esta clase de corriente. Lo único variable según los casos es la tensión a la que trabajan y sus necesidades de corriente.

En muchos casos, especialmente las etapas que trabajan con elevados niveles de señal (como amplificadores de potencia, etc,) admiten en su alimentación las variaciones impuestas por las tolerancias de la fuente primaria, sin más consecuencia que los cambios correspondientes en la potencia útil generada, lo que generalmente es tolerable. En cambio, en las etapas que trabajan con señales bajas, dichas variaciones pueden afectar a la estabilidad de los circuitos o de las frecuencias generadas. Como dichos efectos deben ser evitados, muchas veces es necesario regularizar su

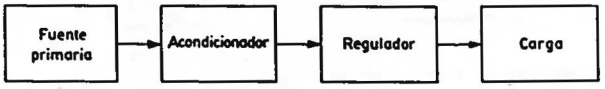



Figura 5.1 Diagrama de bloques de una alimentación eléctrica que incluye, además de los componentes básicos: fuente primaria y carga, acondicionador de la primera y regulador para asegurar un suministro estable a la carga.

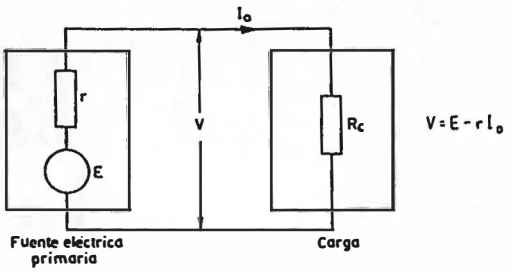



Figura 5.2 Diagrama equivalente a una alimentación eléctrica en el que está presente la resistencia interna de la fuente.

tensión de alimentación. En estos casos la fuente de alimentación debe incluir una etapa conocida como regulador, dando lugar a las fuentes de alimentación reguladas (figura 5.1).

Aunque existen diferentes clases de reguladores de mejor o peor rendimiento, la regularización (o estabilización de la tensión) es siempre a expensas de un gasto adicional de energía. Por esto, sobre todo en los equipos móviles, se toleran las variaciones citadas en las etapas de potencia y en todo caso se utilizan los reguladores de mayor rendimiento.

Resumiendo, se suelen utilizar reguladores en las etapas generadoras de señal, especialmente cuando la estabilidad no está garantizada por elementos en sí muy estables como, por ejemplo, con cristales de cuarzo.

Las tecnologías electrónicas existentes condicionan también las fuentes de alimentación. Las válvulas electrónicas que, a pesar del incesante progreso de los semiconductores, equipan todavía muchas etapas de potencia de emisores— trabajan normalmente con tensiones bastante elevadas (hasta unos pocos miles de voltios) con consumos moderados. En cambio, los transistores suelen trabajar con tensiones relativamente bajas y con consumos más elevados. El diseñar con ellos equipos móviles cuyas etapas de potencia trabajan directamente a la tensión disponible (12 o 24 voltios según los casos citados) representa una ventaja decisiva en los equipos móviles a bordo de vehículos. En estos casos es preferible que las etapas sensibles a las variaciones de tensión trabajen con tensiones inferiores a la disponible, con lo que su estabilización es más simple, como se describirá más adelante.

Por el contrario, las condiciones de alimentacion de los transistores (bajas tensiones y consumos elevados), sobre todo cuando el consumo varía (por ejemplo en etapas clase B de audiofrecuencia), son desfavorables para la estabilidad de las fuentes destinadas a funcionar con la red de distribución. Ello es debido a que las transformaciones a que debe someterse su energía para que cumpla los requisitos necesarios introducen en excesiva proporción un parámetro adverso siempre asociado a las fuentes de alimentación, la resistencia interna de las fuentes (figura 5.2). Contra el efecto de la resistencia interna (variación de la tensión con el consumo de la fuente) se utilizan los reguladores electrónicos que en este caso deben manejar potencias tan elevadas como las que maneja el equipo.

Es el caso de los equipos móviles alimentados a tensiones superiores a la disponible, lo que exige el empleo de convertidores que, a su vez, adolecen de idéntico efecto y normalmente se requiere el empleo de reguladores.

## 5.2 FUENTES DE ALIMENTACION QUE UTILIZAN LA RED

Las fuentes de alimentación que utilizan la red como fuente primaria deben estar siempre provistas de un dispositivo rectificador y un sistema de filtrado para transformar la corriente alterna en continua. Incluyen además un transformador para aislar las tensiones obtenidas de la red, transformador que aunque no sea esencial en todos los casos ni obligatorio en todos los países, es exigido reglamentariamente en otros como requisito de seguridad y en todo caso es altamente aconsejable.

Estas fuentes pueden estar equipadas además con dispositivos reguladores para estabilizar la tensión y evitar, no sólo las variaciones propias de la red, sino las debidas al efecto de las variaciones de la carga que de ellas se extrae sobre la resistencia interna que se introduce por el hecho de rectificar, filtrar y transformar.

Existen dos tipos de fuentes para funcionar con la red:

1) Las organizadas como muestra la figura 5.3, en las que el orden de operaciones a efectuar es el de transformación-rectificación-filtrado, a las que puede seguir una de regulación llamada en este caso lineal.

Aunque el regulador mejora la estabilidad de la fuente, como los reguladores lineales trabajan desperdiciando una cantidad de energía comparable a la que manejan, su inclusión representa un gasto adicional. En equipos con válvulas que operan con tensiones elevadas y consumos bajos, se prescinde muchas veces del regulador.

2) Las organizadas como muestra la figura 5.4, en la que el orden de operaciones es 1.ª rectificación-1.er filtrado-troceado-transformación-2.ª rectificación-2.º filtrado, estando las tres últimas operaciones concatenadas para que actúen como regulador. Este tipo de fuente con regulador se denomina fuente conmutada.

La existencia siempre del regulador en las conmutadas obedece a una causa: los reguladores conmutados no desperdician prácticamente energía y su inclusión en la fuente no representa apenas gasto adicional. Además, la resistencia interna que introduce el sistema de troceado de la corriente continua, su transformación y su segunda rectificación y filtrado introducen más resistencia interna que las anteriores. Por ello su inclusión es prácticamente obligatoria. Se utilizan normalmente en equipos con semiconductores, es decir con tensiones bajas y consumos altos, por lo que dicha resistencia introduce severas variaciones de la tensión. Como contrapartida, su calidad es inferior a la que se

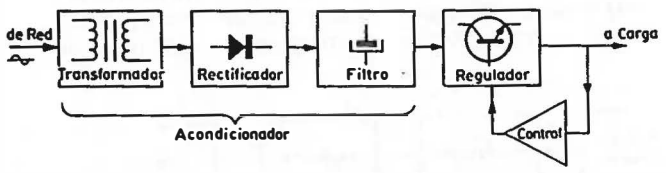



Figura 5.3 Diagrama de bloques de la organización de una fuente de alimentación conectada a la red, que proporciona aislamiento de la misma y está provista de regulador lineal.

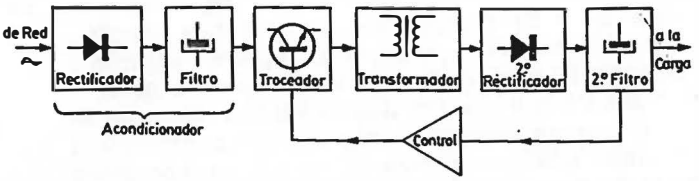



Figura 5.4 Diagrama de bloques de la organización de una fuente de alimentación conectada a la red, que proporciona aislamiento de la misma e incluye regulador conmutado.

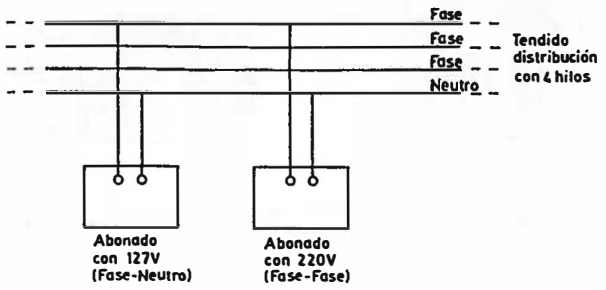



Figura 5.5 Distribución eléctrica alterna trifásica con neutro, de la que se pueden obtener dos tensiones: tensión sencilla (Fase-Neutro) y tensión completa (Fase-Fase).

consigue con las anteriores y por el efecto del troceado producen interferencias de RF que es necesario eliminar para que no perturben los receptores.

Como conclusión, en equipos conectados a la red se utilizan preferentemente fuentes organizadas como muestra la figura 5.3, sin regulador en el caso de válvulas y con regulador lineal en el caso de transistores. Las fuentes conmutadas son raramente utilizadas y solamente lo son en caso de transistores.

De acuerdo con este criterio están redactados los párrafos siguientes.

## 5.3 CONEXIONES A LA RED

En los equipos de radioaficionado se utiliza casi exclusivamente la misma acometida a la red que en las instalaciones domésticas, por lo que las instalaciones deben cumplir los requisitos legales vigentes en lo que a seguridad se refiere. En España está vigente una de las reglamentaciones más avanzadas en este aspecto y a ella nos referimos, aunque muchas de las precauciones no sean obligatorias en otros países. Si bien la obligatoriedad sólo es aplicable a instalaciones nuevas y a ampliaciones de las existentes, el cumplimiento de sus recomendaciones es muy aconsejable.

La tensión de red de que generalmente se dispone es 220 voltios; no obstante puede presentarse en dos formas diferentes, a saber: entre fase y neutro y entre fase y fase. En el primer caso uno de los conductores es activo y el otro es el neutro, que está conectado a tierra en las instalaciones de la compañía. En el segundo caso ambos conductores son activos, es decir no se utiliza el neutro, que no obstante existe y está conectado igualmente a tierra por parte de la compañía suministradora. En este último caso la tensión entre fase y neutro es de 127 voltios, aún disponibles en muchas instalaciones como única opción o conjuntamente con la anterior (figura 5.5).

Estas consideraciones implican que, aunque en instalaciones con neutro no sea necesario interrumpir la línea de neutro para poner fuera de servicio cualquier aparato, ni tampoco disponer en ella fusibles o disyuntores porque su potencial es nulo ya que está conectada a tierra, aquí se recomiende lo contrario. Apoyan dicha recomendación dos razones: 1.ª) en equipos cuya conexión no sea permanente se corre el riesgo de desconectar el neutro y queden circuitos bajo una tensión peligrosa. 2.ª) En el caso de tensión fase-fase la situación es siempre idéntica a la anterior. Así pues, aunque el fusible puede ser único se recomienda que todos los interruptores sean dobles.

Cuando el consumo del equipo sea relativamente elevado de acuerdo con el reglamento para aparatos electrodomésticos de cierta potencia, se recomienda instalar una línea propia hasta el cuadro de distribución, provista de disyuntor magnetotérmico doble del calibre adecuado; con ello se tendrá la ventaja adicional de que cualquier sobrecarga por avería no dejará fuera de servicio toda la instalación. Aunque no es obligatorio disponer de toma de tierra, su disponibilidad en conexión con todos los elementos metálicos de los equipos, chasis, etc., es muy aconsejable. Esta conexión es fácilmente identificada pues se utiliza para ella un cable amarillo y verde. Lo que sí es obligatorio en España es que la instalación esté provista de interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA). La utilización de este dispositivo de protección junto con la toma de tierra puede dar lugar a algunos problemas, como en el caso de utilizar filtros de la red, en que los condensadores del filtro pueden derivar a tierra corrientes superiores a la de disparo del disyuntor. Dicho sea de paso, estos filtros se utilizan a veces para evitar en la recepción interferencias provenientes, a través de la red, de otros aparatos a ella conectados, o bien evitar que se introduzcan en ella frecuencias generadas por los emisores.

En dicho caso, primero se comprobará que la corriente derivada a tierra por el filtro es la única causa de la desconexión del diferencial, pues pueden añadirse a dicha causa la de aislamientos defectuosos. Si no es así, se puede optar por conectar la «masa» del filtro al neutro en lugar de a tierra; con ello se evitará que el disyuntor se dispare, aunque la eficacia del filtro puede ser menor.

Se utilizarán además cables de sección suficiente para los aparatos y fusibles del calibre adecuado. Es siempre preferible que se funda un fusible a que se averíe un aparato. Nunca utilice un fusible de calibre desproporcionado.

Finalmente, debemos hacer notar la poca seguridad que ofrecen los llamados «enchufes triples» utilizados para conectar diversos aparatos a una sola toma de corriente. Ellos son la causa de gran número de fallos y no pocos siniestros.

## 5.4 TRANSFORMADORES DE RED

Aunque en determinados casos la tensión de red directamente rectificada entregue una tensión rectificada igual a la necesaria, se debe descartar absolutamente dicha posibilidad. Solamente algunos televisores utilizan este tipo de conexión directa a la red y se prevé que en el futuro esta práctica se abandone, por el riesgo que supone el que los chasis puedan quedar al potencial de la red, lo que está evidentemente en contraposición con la conexión de éstos a tierra.

Así pues, en las fuentes de alimentación conectadas a la red el primer componente que ésta activa es un transformador.

La tensión y la estructura del secundario del transformador a utilizar dependen del tipo de rectificador y filtrado utilizados; por ello supondremos que ya están determinadas de antemano la forma del secundario, su tensión y su potencia aparente (producto tensión-corriente). Una vez estudiadas dichas etapas, el lector comprenderá más fácilmente cómo funciona el conjunto.

La disponibilidad en el mercado de transformadores únicamente para determinadas tensiones normalizadas hace que el aficionado tropiece a menudo con dificultades insalvables para su adquisición y sea necesario encargarlos exprofeso. No obstante existe en el mercado una gama de transformadores que permite su adaptación a variadas combinaciones en tensiones bajas. Nos referimos a la serie

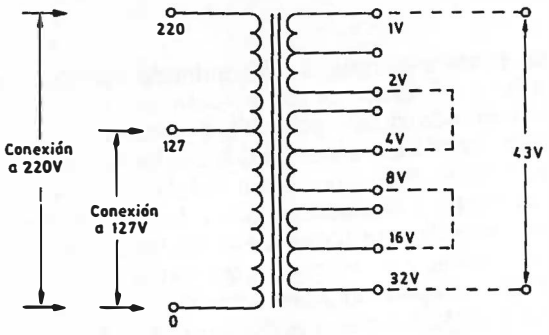



Figura 5.6 Esquema de transformador de red provisto de tomas en primario y secundario para obtener un escalado de tensiones voltio a voltio.

cuyo secundario está formado por diferentes tomas que entregan tensiones según la secuencia 1, 2, 4, 8, 16; con ellos se puede obtener una gama de tensiones que aumentan en escalones de uno o medio voltio, y que permiten incluso conexiones con secundario simétrico y están disponibles en una gama de potencias. El primario está previsto para 220 voltios con una toma a 127 (figura 5.6). Debe hacerse aquí notar que, a pesar de que dichos transformadores están disponibles para determinadas potencias, éstas se refieren a todo el secundario.

Si se utiliza solo una parte, la potencia obtenible decrece en la misma proporción existente entre la tensión total de todos los secundarios en serie y la fracción utilizada. En otras palabras, la corriente máxima extraíble de cualquier devanado es fija y corresponde a la relación entre potencia máxima y tensión secundaria máxima:

$$I_{máx} = \frac{W_{máx}}{V_{stotal}}$$

Además, las conexiones en serie deben efectuarse de forma que la fase de las tensiones sea correcta; de lo contrario las tensiones se restan en lugar de sumarse. Tampoco son aconsejables las conexiones en paralelo.

Aunque el sistema de toma en primario hace que el transformador quede algo sobrecargado cuando funciona a 127, esta conexión es más usual que la de dos devanados a 110 voltios en serie o en paralelo según la tensión de red, que en contrapartida da una tensión secundaria algo superior a la nominal cuando funciona a 127 V y con el primario de 110 V (figura 5.7).

Debe hacerse notar que los transformadores diseñados para 50 Hz funcionan adecuadamente a 60 Hz, pero la sustitución inversa provoca normalmente un exceso de calentamiento peligroso para el transformador.

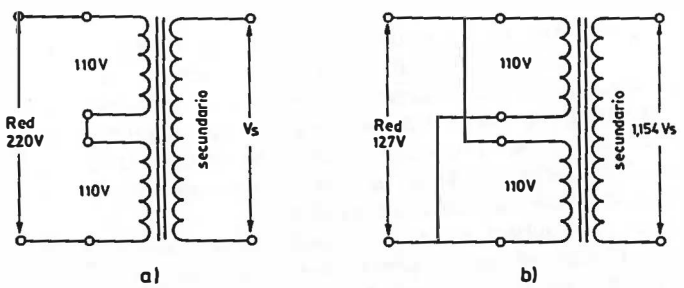



Figura 5.7 Conexiones a tensión sencilla o compuesta de un transformador de red con primario partido e indicación del aumento de $V_s$ en la conexión para tensión sencilla.

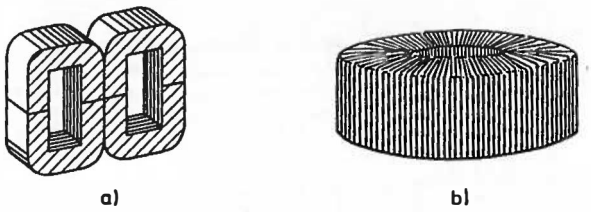



Figura 5.8 *a*) Pareja de núcleos devanados y cortados en forma de C; *b*) transformador toroidal.

Al aficionado que desee construir sus propios transformadores le esperan enormes dificultades en la obtención de materiales, especialmente de chapas magnéticas troqueladas. En dicho caso se puede optar por la utilización de núcleos cortados en forma de C, que son normalmente más asequibles y que representan una sustancial mejora en tamaño y peso gracias a sus buenas características (figura 5.8*a*).

Finalmente se debe mencionar las óptimas características que poseen los transformadres toroidales debido a sus sobresalientes características: Excelente relación potencia/peso, altura reducida, por lo que son fácilmente ubicables en armarios de baja altura, y su reducidísimo campo magnético disperso por lo que son muy utilizados en montajes que pueden ser susceptibles de perturbación por dichos campos como, por ejemplo, en amplificadores de BF (figura 5.8*b*)

## 5.5 RECTIFICADORES

La rectificación de la corriente alterna se efectúa normalmente con diodos de silicio. Existen diferentes montajes rectificadores, pero los más corrientes son: el rectificador puente y el rectificador con transformador desfasador. Ambos montajes trabajan a doble onda, es decir utilizan ambas polaridades de la alterna original.

El montaje puente es el más utilizado y aunque exige la utilización de cuatro diodos no exige tomas en el secundario del transformador y éste trabaja constantemente (figura 5.9). En cambio el montaje con transformador desfasador necesita un secundario con toma media y ambas mitades trabajan alternativamente (figura 5.10). Esto hace que la utilización del transformador no sea tan buena, es decir exige que el transformador trabaje con una potencia aparente superior a la potencia que realmente entrega el rectificador. A pesar de que el sistema de filtrado influye también desfavorablemente sobre el transformador en el mejor de los casos, sin filtrado se cumple que:

$$\text{Potencia aparente (V.A.) en c.a.} = \begin{cases} 0{,}707\, V_s I_c \text{ con puente} \\ V_s I_c \text{ con toma central} \end{cases}$$

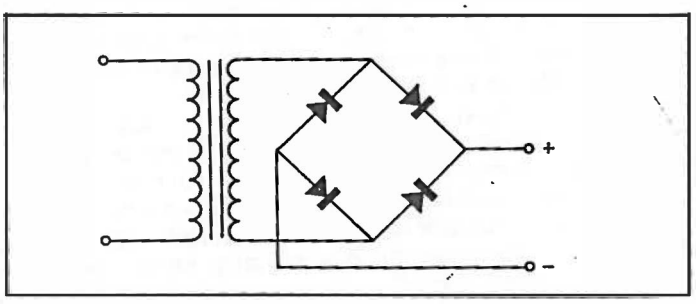



Figura 5.9 Rectificador en montaje puente.

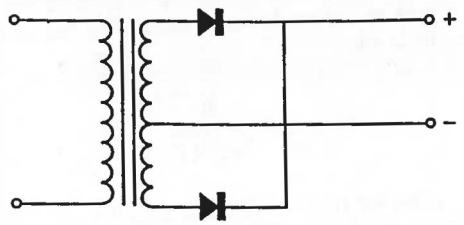



Figura 5.10 Rectificador con transformador desfasador.

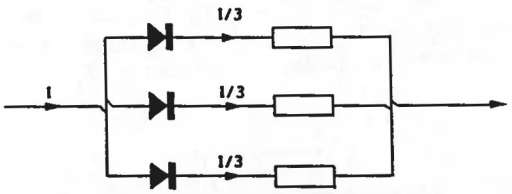



Figura 5.11 Conexión de diodos rectificadores en paralelo.

Esto significa que la potencia para la que debe estar prevista el transformador será mayor que en el caso del rectificador puente, lo que entraña un mayor tamaño.

En contraposición, la tensión de caída directa en el circuito puente será el doble que en el otro caso ya que siempre trabajan en serie dos diodos.

Esto representa una desventaja cuando se rectifiquen tensiones bajas, ya que la tensión cae alrededor de un voltio en cada diodo. Las características necesarias de los diodos vienen influidos por el sistema de filtrado utilizado, como se estudia en el siguiente párrafo. No obstante, como normas generales se puede afirmar que siempre será más aconsejable utilizar diodos capaces de efectuar por sí solos el trabajo necesario, que utilizar combinaciones en serie o en paralelo. En todo caso se tendrán en cuenta las siguientes normas.

Cuando se utilicen diodos en paralelo para obtener mayor corriente deberán utilizarse resistencias igualadoras (figura 5.11) en serie con ellos.

Cuando se utilicen diodos en serie, para conseguir que soporten mayor tensión inversa, es necesario disponer resistencias y condensadores (figura 5.12) en paralelo. Ambas medidas están encaminadas a igualar el trabajo a que se somete cada uno de los diodos, que siempre deberán ser del mismo tipo.

Finalmente, los diodos rectificadores previstos para corrientes elevadas están provistos de cápsulas que incluyen una rosca para ser fijados a radiadores de aluminio que disipan al ambiente el calor en ellos generado sin alcanzar temperaturas peligrosas para su estructura.

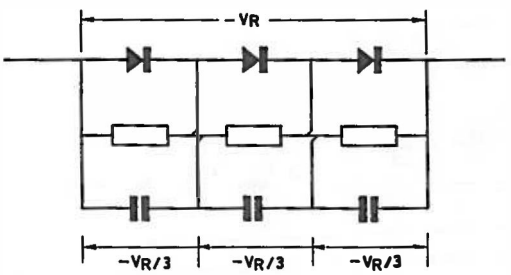



Figura 5.12 Conexión de diodos rectificadores en serie.

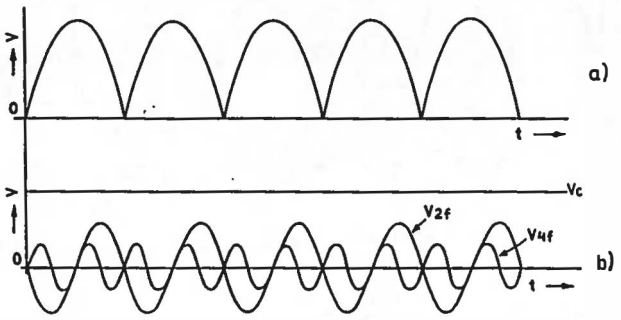



Figura 5.13 *a*) Onda alterna rectificada en las dos alternancias; *b*) composición de dicha onda.

## 5.6 FILTROS

Cuando es rectificada la tensión alterna de la red, el resultado es una tensión continua pulsante en forma semisenoidal (figura 5.13*a*). Esta forma de onda está compuesta de una parte continua pura y un conjunto de ondas senoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la original, empezando por el doble de dicha frecuencia (en los rectificadores de onda completa) y múltiplos sucesivos y cuyas amplitudes relativas decrecen. Así las cosas, el procedimiento más inmediato para obtener la componente continua es suprimir, o filtrar, las componentes alternas asociadas. Esto se consigue disponiendo en serie una autoinducción ($L$) que actúa como un impedimento para dichas frecuencias, seguida de un condensador ($C$) que actúa como una «trampa» para la fracción de las ondas alternas que consigan franquear la autoinducción. Este es el tipo de filtro de entrada por autoinducción.

### 5.6.1 Filtro de entrada por autoinducción

En este tipo de filtro el primer elemento que encuentra la corriente es una autoinducción $L$ (figura 5.14) seguida de un condensador y opera como se ha descrito en el párrafo anterior. La tensión de salida es igual a:

$$V_0 = \frac{2V_s\sqrt{2}}{\pi} = 0{,}9\ V_s$$

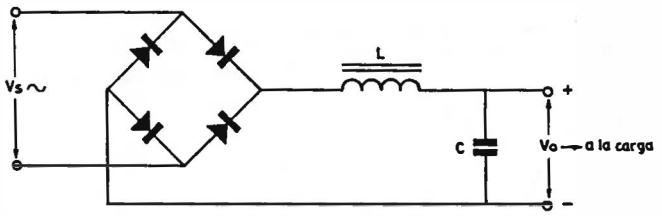



Figura 5.14 Filtro de entrada por inducción conectado a un rectificador.

Este tipo de filtro tiene la ventaja de que no perjudica el factor de utilización del transformador, ya que los diodos del rectificador conducen alternativamente durante cada semiperíodo completo (figura 5.15). En cambio tiene la desventaja de que su eficacia disminuye cuando baja la corriente que se extrae de la fuente. Además utiliza una autoinducción cuyo núcleo es fácilmente saturado por la componente continua de la corriente que circula por ella, si no se dispone en él un entrehierro, y en la resistencia de su devanado se pierde una parte de la potencia continua deseada. El primer

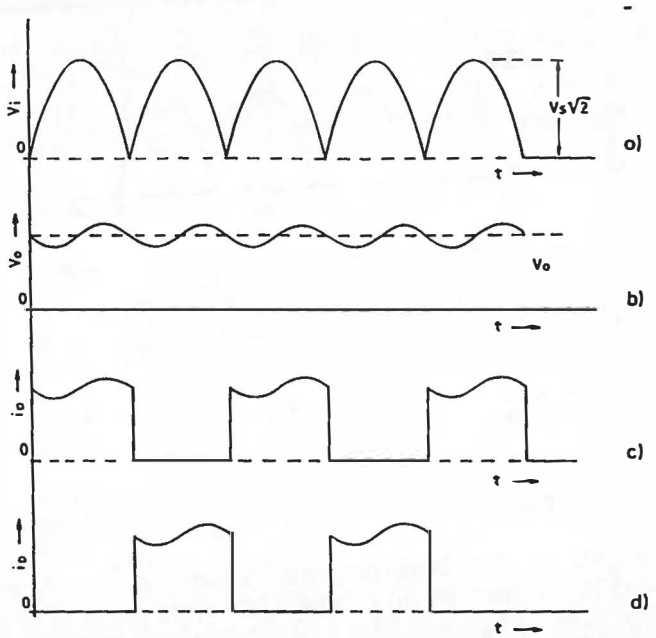



Figura 5.15 Tensiones y corrientes en un rectificador de onda completa conectado a un filtro de entrada por autoinducción; *a*) tensión rectificada; *b*) tensión de salida que incluye zumbido residual superpuesto; *c*) y *d*) corrientes en los diodos.

inconveniente viene expresado por la cantidad de autoinducción mínima necesaria para una determinada corriente mínima y se conoce por autoinducción crítica.

$$L_{crit} = \frac{V_0}{942 I_0} \quad \text{para} \quad f = 50 \text{ Hz}$$

Si la corriente de carga se hace inferior a la utilizada en el cálculo anterior, la tensión de salida crece rápidamente hasta un valor 1,41 veces la prevista con carga nula (figura 5.16). Para evitar este inconveniente se suele disponer de una carga parásita fija que derive la carga mínima sin que la tensión suba.

La realización de las autoinducciones de filtro tropieza con los mismos problemas que se encuentran con los transformadores, agravados por el hecho de que representa un problema sin solución analítica. La solución se obtiene experimentalmente.

La caída de la tensión continua es igual al producto de la resistencia de la autoinducción por la corriente que la recorre.

Las condensadores que equipan este tipo de filtro son normalmente electrolíticos. Su valor debe ser lo mayor

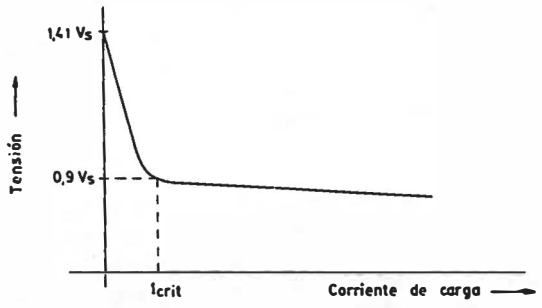



Figura 5.16 Diagrama tensión-corriente de un rectificador conectado a un filtro de entrada por autoinducción en el que se aprecia la necesidad de una carga mínima ($I_{crit}$) para evitar el fuerte aumento de la tensión con cargas inferiores a ésta.

posible y en todo caso se debe procurar que su frecuencia de resonancia con la autoinducción esté muy por debajo de la frecuencia de la red

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Los condensadores electrolíticos se fabrican para tensiones máximas de 500 voltios. Esto significa que para tensiones mayores debe utilizarse otra clase de condensadores o éstos deben disponerse en serie. Como en el caso de los diodos, hay que procurar que el reparto de tensiones entre los condensadores en serie sea equitativa. Por ello los condensadores deben ser iguales y se deben disponer en paralelo resistencias igualadoras (figura 5.17).

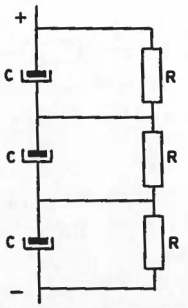



Figura 5.17 Conexión en serie de condensadores electrolíticos.

Si la fuente no tiene la resistencia de drenaje a la que se ha aludido anteriormente, debe tenerse en cuenta la máxima tensión que puede aparecer en los condensadores. Téngase en cuenta que, a pesar de que la mayoría de condensadores grandes están provistos de válvula de escape de gases, una sobretensión puede provocar la explosión del condensador o ebullición del electrólito.

### 5.6.2 Filtro de entrada por condensador

El filtro de entrada por condensador está formado por un simple condensador (figura 5.18). Esto modifica profundamente el funcionamiento de los diodos del rectificador y del transformador, ya que ambos componentes conducen corriente solamente durante una pequeña fracción del semiciclo, y también influye en la forma de trabajar del propio condensador (figura 5.19).

Tampoco se puede predecir analíticamente el comportamiento de un sistema rectificador con este tipo de filtro y como máximo puede preverse aproximadamente con la ayuda de gráficos (figura 5.20). La tensión continua de salida podrá variar entre 0,45 y 1,41 veces la tensión eficaz del secundario del transformador, según la combinación presente de tensión alterna, condensador y resistencias parásitas y de carga. Son muy útiles en este caso los

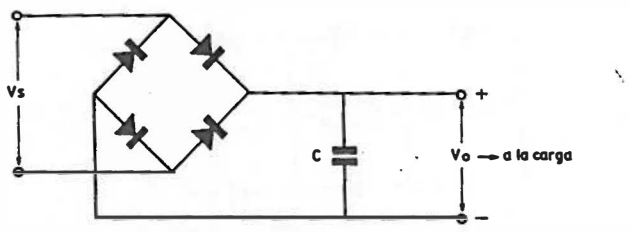



Figura 5.18 Filtro de entrada por condensador conectado a un rectificador.

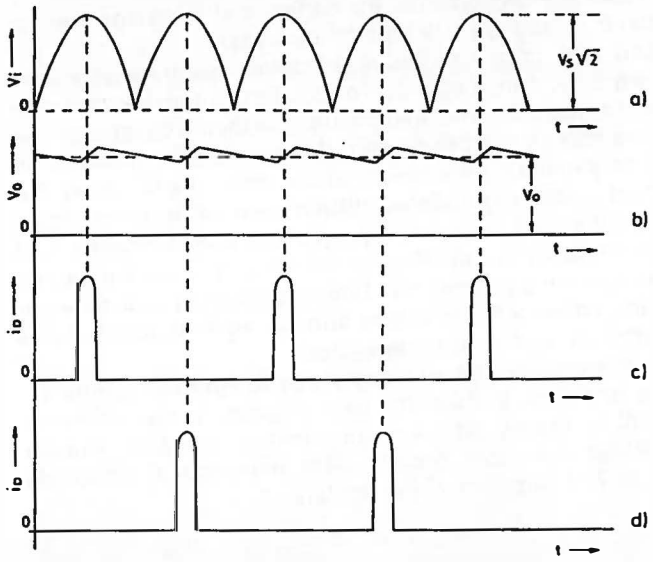



Figura 5.19 Tensiones y corrientes en un rectificador de onda completa conectado a un filtro de entrada por condensador; *a*) tensión rectificada; *b*) tensión de salida que incluye zumbido residual superpuesto; *c*) y *d*) corrientes en los diodos.

transformadores con tomas combinables citados anteriormente, con los que se puede determinar experimentalmente la tensión secundaria necesaria. Idénticas consideraciones son aplicables a la corriente de pico en los diodos y el transformador tanto en lo que respecta a su valor como a su duración. Esto afecta desfavorablemente a ambos y es necesario sobredimensionarlos en cuanto a corriente y disipación en los diodos y en cuanto a potencia aparente en el transformador.

Asimismo el condensador electrolítico es sometido a un trabajo mucho más intenso que en el caso anterior. Por el contrario, este tipo de filtro no adolece del efecto de rápida subida de la tensión con carga nula o ligera que afecta al anterior y es muy utilizado por su sencillez en potencias bajas y medianas. Unicamente con potencias elevadas se utiliza el filtro de entrada por autoinducción.

El grado de zumbido residual es inversamente proporcional a la capacidad del condensador, es decir, es tanto menor cuanto mayor es el condensador. No obstante, cuanto mayor

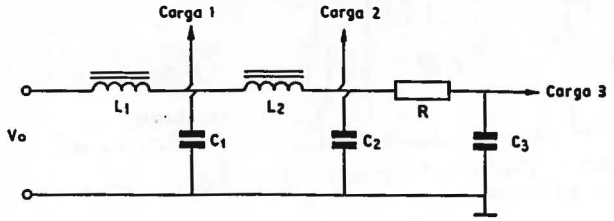



Figura 5.21 Filtros adicionales $L_c$ o $R_c$ que pueden conectarse a los anteriores para reducir el zumbido superpuesto o evitar realimentaciones en etapas que operan en fase.

sea el condensador más desfavorablemente trabajan los diodos y el transformador.

### 5.6.3 Filtros adicionales

Cuando el zumbido residual de salida es excesivo puede actuar como modulación y es necesario utilizar células de filtro adicionales (figura 5.21) que son aplicables a la salida de ambas clases de filtros. Estas células están constituidas por autoinducción y condensador e incluso resistencia y condensador si se tolera la caída de tensión en la resistencia y también la pérdida de energía correspondiente. Estos filtros adicionales cumplen además con otra función: evitan que se produzcan realimentaciones positivas entre etapas que trabajan con señales en fase, a través de la fuente de alimentación que producirían oscilaciones parásitas.

Es necesario añadir que los reguladores lineales en serie, que más adelante se estudiarán y que se aplican a sistemas de fuentes de alimentación como las estudiadas, actúan muy eficazmente como filtros adicionales, siempre que su tensión de salida sea inferior a la tensión rectificadora y filtrada, es decir, que el valor mínimo que por el zumbido adquiera la tensión continua sobrepase la tensión de salida del regulador. Finalmente hay que añadir que el regulador lineal en paralelo es muy eficaz contra las realimentaciones positivas a través de la fuente.

## 5.7 REGULADORES LINEALES

Tal como se ha estudiado hasta aquí, una fuente de

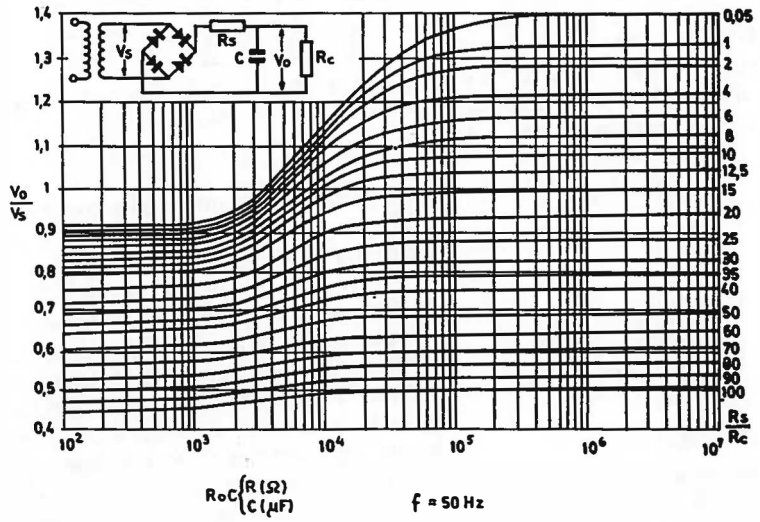



Figura 5.20 Gráficos de Shade para predecir el comportamiento de un rectificador de onda completa conectado a un filtro de entrada por condensador.

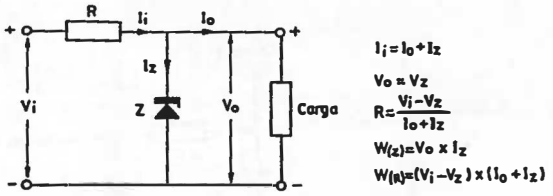



Figura 5.22 Montaje regulador lineal paralelo con diodo zener y ecuaciones que rigen su funcionamiento.

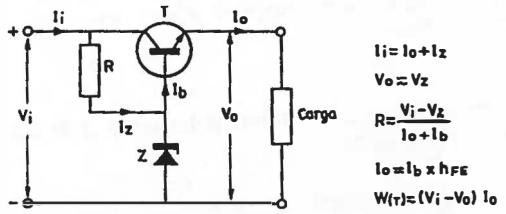



Figura 5.23 Regulador lineal con diodo zener reforzado por un transistor en serie y ecuaciones que rigen su funcionamiento.

alimentación conectada a la red puede alimentar directamente aquellos equipos o etapas de los mismos en los que las variaciones debidas a la red no afecten a su estabilidad, repercutiendo únicamente en su potencia de salida. Son normalmente las que alimentan los equipos con válvulas tal como se ha citado anteriormente. En cambio, en equipos con transistores se impone el uso de reguladores que estabilicen la tensión.

El regulador más conocido es el diodo zener que actúa en paralelo con la carga (figura 5.22). Este tipo de regulador es muy útil para cargas pequeñas, y exige que el diodo sea de una tensión igual a la que se desea estabilizar.

Existen diodos Zener para tensiones comprendidas entre 2,8 y 75 voltios en una amplia gama, pudiéndose disponer en serie para conseguir tensiones mayores o no existentes. Por el contrario, nunca deben disponerse en paralelo. La estabilidad de los diodos varía con su tensión, tanto en función de la corriente que conducen como de la temperatura. Los más estables son los de alrededor de 6 voltios. En un montaje como el de la figura, la resistencia en serie adecuada será la que permita circular a través del diodo una intensidad más o menos igual a la de carga. Se obtiene tanto mejor estabilización cuanto más elevada sea la tensión de entrada con respecto a la del zener o de salida. El consumo de energía que representa la presencia de la resistencia y el propio del zener, hacen que este sistema de regulación no se utilice más que para potencias muy bajas a pesar de la existencia de diodos zener de suficiente potencia relativamente, que son además bastante caros. En la mayoría de los casos resulta más conveniente utilizar un amplificador asociado a un diodo zener (figura 5.23). Desgraciadamente esta disposición no resiste los cortocircuitos y exige además el diodo adecuado a la tensión deseada.

Son más utilizados los reguladores con transistores en serie que no tienen esta desventaja y cuya tensión de salida se puede ajustar convenientemente por medio de resistencias (figura 5.24) y utilizan un amplificador de gran ganancia en tensión y entrada diferencial (amplificador operacional). No obstante, tales reguladores utilizan siempre un diodo zener como referencia de tensión, ya que éste es prácticamente el único dispositivo estabilizador existente, y el sistema actúa como un servomecanismo. Tales reguladores son también frágiles contra cortocircuitos aunque se han desarrollado sistemas de protección adecuados.

En el mercado existen dispositivos integrados que incluyen la referencia y el sistema de protección, y cuya corriente de salida puede amplificarse fácilmente hasta valores superiores a los del circuito. Nos referimos al conocido circuito 723 (figura 5.25) o similares.

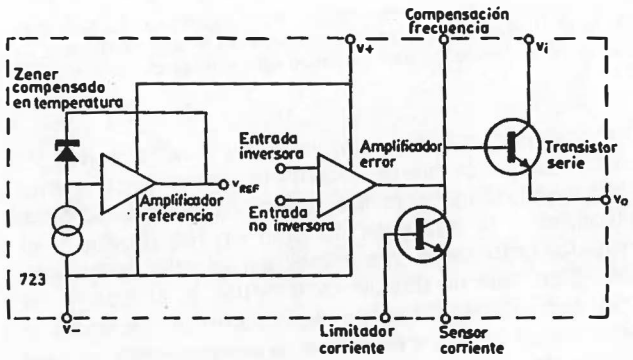



Figura 5.25 Esquema del regulador lineal integrado 723.

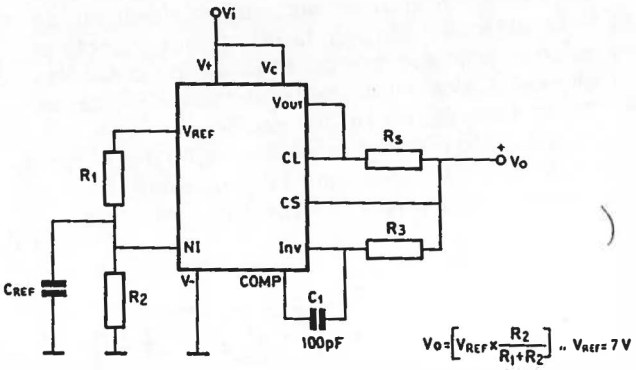



Figura 5.26 Conexión del regulador 723 para tensiones de salida comprendidas entre 2 y 7 voltios.

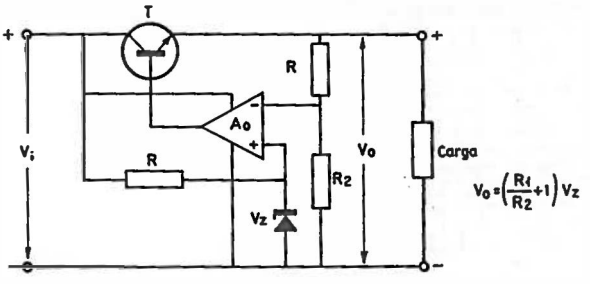



Figura 5.24 Regulador lineal en serie que, operando como un servomecanismo, utiliza un regulador en paralelo con diodo zener como referencia y un amplificador operacional como comparador de tensiones.

Este circuito permite una corriente de salida máxima de 150 mA por sí solo, y admite dos montajes según la tensión de salida requerida. El de la figura 5.26 para tensiones entre 2 y 7 voltios y el de la figura 5.27 entre 7 y 37. Esto es consecuencia de que su tensión de referencia es de alrededor de 7 V. Por la misma causa, el circuito para tensiones superiores a ésta incluyen un divisor resistivo para reducir la tensión de salida a ese valor, y el anterior para reducir la tensión de referencia al valor de la tensión de salida (resistencias $R_1$ y $R_2$). Sus posibilidades de potencia son asimismo reducidas ($W_{máx} = 800$ mW).

La potencia que se le exige a un regulador lineal en serie es aproximadamente igual a:

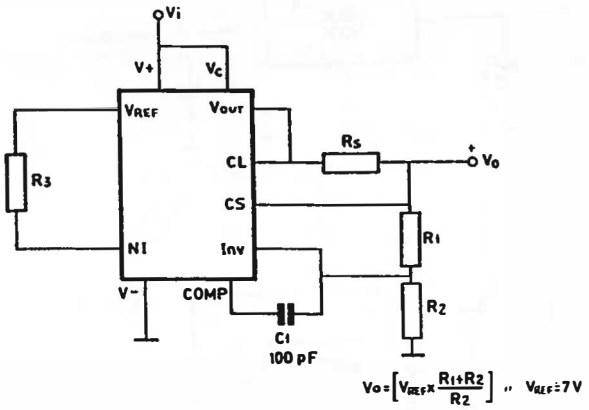



Figura 5.27 Conexión del regulador 723 para tensiones de salida comprendidas entre 7 y 37 voltios.

$$W_r = (V_i - V_0)\, I_0$$

Cuando las posibilidades del circuito no son suficientes en cuanto a corriente o potencia o ambas a la vez, se dispone a su salida un transistor o transistores en montaje «Darlington» (figura 5.28) hasta que el último de ellos pueda soportarlas. Para la determinación de la «cascada» de transistores necesaria deberá tenerse en cuenta que la corriente de salida obtenible con su incorporación al circuito, aumenta según un factor igual a la ganancia en corriente del transistor añadido ($h_{FE}$), o al producto de las respectivas ganancias individuales cuando se trate de varios ($h_{FE1} \times h_{FE2} \times \ldots$), al nivel de corriente a la que deba de trabajar cada uno de ellos. Es decir:

$$I_0 = 150 \text{ mA} \times (h_{FE1} \times h_{FE2} \times \ldots)$$

Al aumentar de esta forma la corriente de salida obtenible, aumenta a su vez la potencia exigida al conjunto de acuerdo con la fórmula anteriormente expresada, que estará a cargo del transistor, o transistores, añadidos y del circuito integrado. Para fines prácticos se puede considerar que el último transistor debe soportar toda la potencia y los anteriores una fracción de ella según la ganancia del posterior. Así pues, en montaje de la Figura 5.28:

Transistor final $T_2$ $\quad W_2 = W_r$

Transistor $T_1$ $\quad W_1 = \dfrac{W_r}{h_{FE2}}$

CI $\quad W_c = \dfrac{W_1}{h_{FE1}}$

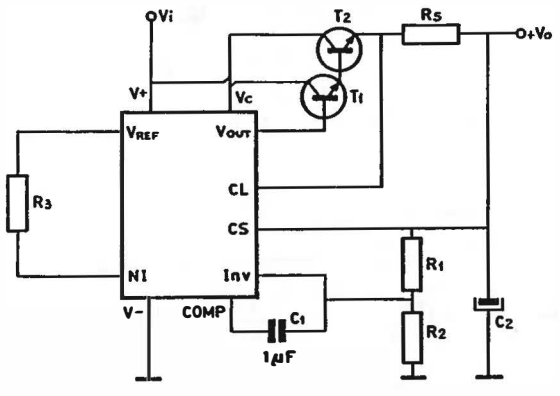



Figura 5.28. Conexión del regulador 723 cuya salida es reforzada por una pareja de transistores en montaje «Darlington» para obtener mayor corriente de salida y protección por corriente de salida máxima regulada.

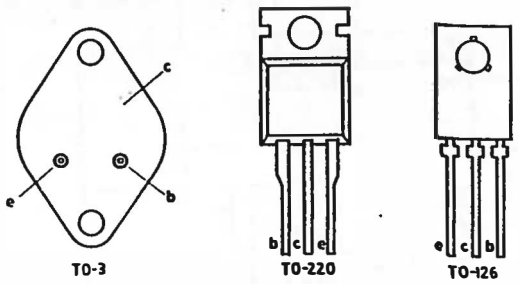



Figura 5.29 Cápsulas más frecuentes utilizadas en transistores de potencia a escala arbitraria.

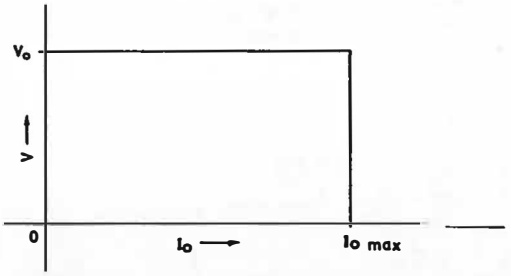



Figura 5.30 Diagrama tensión-corriente de un regulador lineal en serie protegido por corriente de salida máxima regulada.

Es evidente que la potencia que corra a cargo del circuito integrado no deberá nunca ser superior al máximo citado.

Dicho transistor o transistores deberán ir provistos del disipador de calor necesario para poder ceder al ambiente el calor generado sin alcanzar temperaturas peligrosas para su estructura. Estos disipadores se encuentran en el mercado en forma de perfiles de aluminio con aletas, normalmente ennegrecidos para aumentar su eficacia. Sus dimensiones están relacionadas con sus posibilidades por un coeficiente denominado $K$, en grados centígrados por vatio. El factor $K$ necesario se determina con la fórmula:

$$K = \frac{\text{Temp.máx.transistor} - \text{temp.máx.ambiente}}{\text{Potencia eléctrica a disipar } (W)} - k$$

Tratándose de transistores de silicio la temperatura máxima es de unos 200°C. La temperatura ambiente máxima depende del área geográfica aunque casi nunca suele ser superior a 40°C. La potencia eléctrica a disipar se calcula como se hizo anteriormente y la constante $k$ depende de la cápsula del transistor. Suele valer entre 0,5 y 1,5 para la cápsula TO-3 (Fig. 5.29), 1,7 a 4,2 para la cápsula TO-220 y de 4 a 5 para la cápsula TO-126.

Si los transistores se disponen sobre el radiador aislados con mica u otros materiales semejantes, dicho factor aumenta, por lo que resulta más conveniente no utilizarla y aislar todo el radiador del chasis con cualquier otro material. Además, de esta manera puede utilizarse el mismo radiador para todos los transistores, ya que sus cápsulas están conectadas al colector.

El condensador a la salida evita la aparición de oscilaciones no deseadas lo mismo que el pequeño condensador conectado a una patilla del CI.

El sistema de protección puede actuar de dos formas. Por corriente máxima regulada (Figs. 5.28 y 5.30) o corriente replegada (Figs. 5.31 y 5.32). El primer sistema es el más eficaz con respecto a la carga aunque exige que la potencia manejada por el conjunto en caso de cortocircuito permanente, no sea la anteriormente calculada si no que ascienda a un valor:

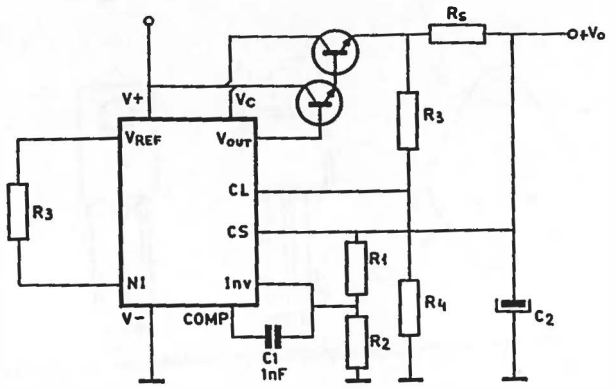



Figura 5.31 Conexión del regulador 723 cuya salida es reforzada por una pareja de transistores en montaje «Darlington» para obtener mayor corriente de salida y protección por corriente replegada.

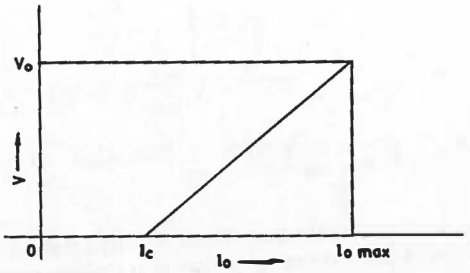



Figura 5.32 Diagrama tensión-corriente de un regulador lineal en serie protegido por corriente replegada.

$$W_r = V_i \, I_{Omáx}$$

Esto exige un nuevo cálculo de los disipadores necesarios que deberán ser mayores.

El valor $I_{omáx}$ deberá ser siempre algo superior a la necesaria en la carga y se determina por el valor de la resistencia en serie $R_s$ de forma que:

$$R_s = \frac{0,7}{I_{omáx}}$$

El sistema de protección por corriente replegada es de más difícil ajuste y por el contrario nó exige un sobredimensionado tan grande del disipador en caso de cortocircuito permanente.

Además de la opción descrita se han popularizado mucho últimamente los reguladores integrados de tres patas de la serie 7800 y 7900. Estos reguladores tienen el aspecto de un transistor en cápsula TO-220 y entregan un máximo de 1 amperio, y su tensión de salida es fija. La primera serie es para tensiones positivas y la segunda negativas. Están disponibles para las tensiones más usuales entre 2,5 y 24 voltios. Su protección es total incluyendo la protección térmica, es decir, si por cualquier causa el circuito es sometido a una disipación excesiva deja de funcionar, reanudando el servicio tan pronto como su temperatura descienda a un valor seguro. Son, por tanto, prácticamente indestructibles. Para soslayar sus limitaciones en posibilidades han aparecido diversos montajes con los que se puede elevar su tensión o sus posibilidades de carga, aunque en este último caso se pierden sus características de protección. (Figs. 5.33 a 5.36). Como ha quedado constatado, la estabilización de la tensión con estos reguladores es siempre

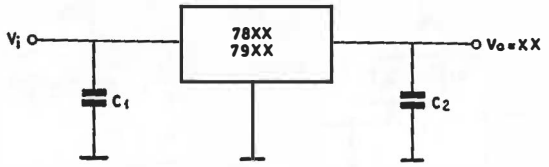



Figura 5.33 Conexión simple de un regulador lineal integrado por 3 patas.

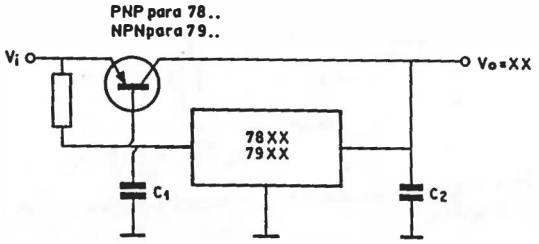



Figura 5.34 Regulador de tres patas reforzado por transistor exterior en serie.

a expensas de una pérdida de tensión y de potencia que es su principal desventaja. No obstante su regulación es muy buena y no producen ningún tipo de interferencia.

## 5.8 FUENTES DE ALIMENTACION QUE UTILIZAN BATERIAS

Las fuentes de alimentación con baterías no necesitan en principio ni rectificador ni filtro ya que suministran corriente continua. Como los equipos que alimentan suelen ser a base de semiconductores, es muchas veces necesario utilizar reguladores. Los reguladores lineales estudiados pueden ser aplicados en ellas siempre que la tensión regulada sea inferior a la disponible. Esto representa una pérdida de energía importante.

Por esto son más aconsejables los reguladores conmutados que además permiten obtener tensiones superiores a la disponible.

## 5.9 REGULADORES CONMUTADOS

Según el tipo de convertidores que utilicen, existen tres

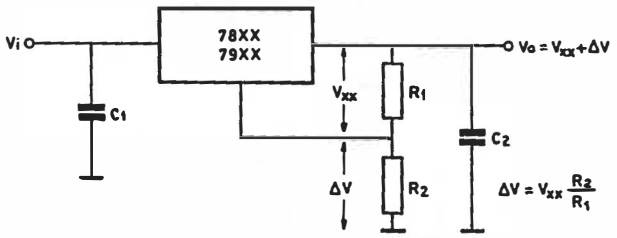



Figura 5.35 Regulador de tres patas con tensión de salida aumentada por medio de resistencias.

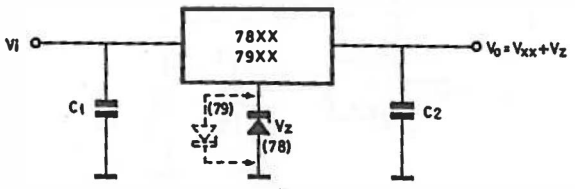



Figura 5.36 Regulador de tres patas con tensión de salida aumentada por medios de diodos zener.

tipos básicos de reguladores conmutados y su funcionamiento se caracteriza porque sus transistores trabajan siempre como conmutadores todo o nada. Todos ellos pueden proporcionar aislamiento entre la salida y la entrada utilizando transformadores adecuados a la frecuencia a que trabajan, aunque en esta aplicación no suele ser esto necesario por tratarse de tensiones bajas y ser más sencilla su disposición sin él. Cada uno de estos tres tipos tiene sus peculiaridades y se adapta con más facilidad a determinadas tareas.

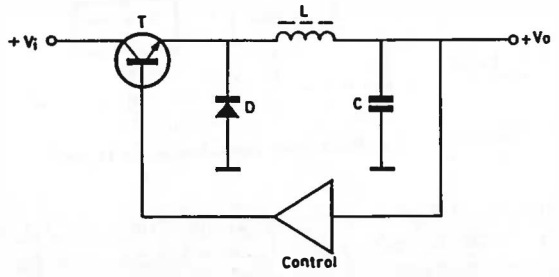



Figura 5.37 Convertidor directo controlado sin aislamiento.

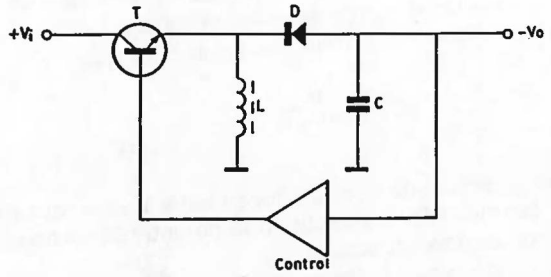



Figura 5.38 Convertidor indirecto controlado sin aislamiento.

El convertidor directo (figura 5.37) es el más adecuado a potencias elevadas con una única tensión de salida. Si no utiliza transformador puede entregar únicamente tensiones inferiores a la de entrada. Su funcionamiento se caracteriza porque el transistor conmutador entrega corriente directamente a la carga. El condensador y la autoinducción actúan como un filtro de entrada por autoinducción.

El convertidor indirecto (figura 5.38) es adecuado para obtener tensiones de salida inferiores o superiores a la de entrada y su funcionamiento se caracteriza porque la corriente que conduce al transistor no llega directamente a la carga, sino que es almacenada en la autoinducción *L*, la cual se encarga de entregarla a la carga cuando éste se bloquea. Si no se le provee de transformador, entrega una tensión invertida con respecto a la entrada.

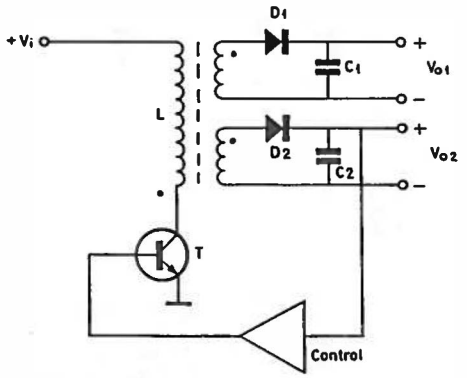



Figura 5.39 Convertidor indirecto controlado, con aislamiento y dos salidas independientes. Los puntos indican el sentido de los devanados.

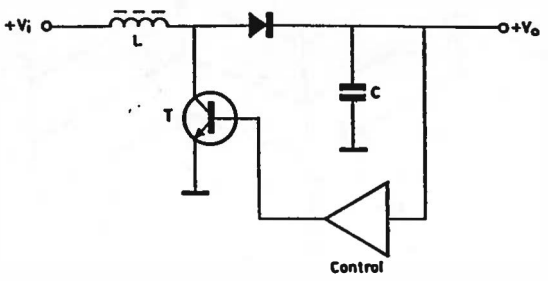



Figura 5.40 Convertidor indirecto reforzador de tensión.

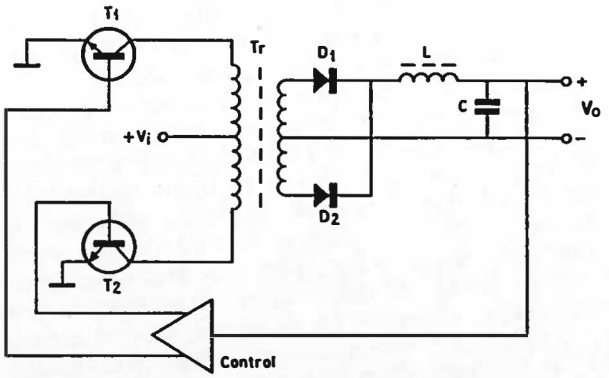



Figura 5.41 Convertidor simétrico que proporciona aislamiento.

Este tipo de convertidor es el que mejor se adapta para suministrar varias tensiones de salida utilizando también en dicho caso transformador (figura 5.39) por ser más sencillo su circuito de salida. Tiene, por el contrario, la desventaja de exigir mayor condensador de salida que en el caso anterior, ya que aquí se interrumpe el suministro de energía cuando el transistor conduce y el condensador debe suministrarla durante dicho período.

Existe una variante (figura 5.40) en que la tensión de salida se suma a la de entrada y, por tanto, el convertidor entrega tensiones siempre superiores a la de entrada y no invertidas, con la ventaja de que maneja solamente la energía correspondiente al aumento de tensión.

Por último existe el montaje simétrico que utiliza dos transistores y necesariamente un transformador (figura 5.41).

Dichos convertidores funcionan normalmente bajo un control automático que los transforma en reguladores. Este control puede trabajar a frecuencia constante o a frecuencia variable.

Si la frecuencia es constante, el control opera variando la relación entre los períodos de conducción y de bloqueo del transistor, manteniendo su suma constante y está provisto de un oscilador de frecuencia fija.

La carga influye en la magnitud de los picos de corriente de la fuente primaria que maneja el convertidor (figura 5.42) y su forma es normalmente trapezoidal si se extrae de la fuente un mínimo de corriente que viene determinado por el valor de *L*.

Por el contrario, si el control opera con frecuencia variable, las intensidades en el convertidor son de forma triangular. Aunque la frecuencia no está fijada, deben predeterminarse bien sea el tiempo de conducción o el de bloqueo del transistor o bien la corriente de pico que conduce. Según las particularidades del control, o bien la frecuencia disminuye si la carga baja, apareciendo un tercer tiempo (el de espera)

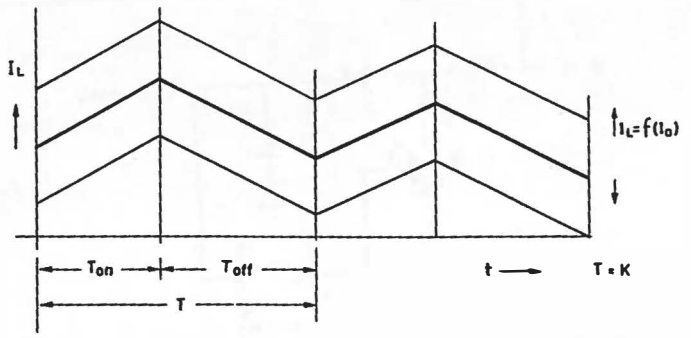



Figura 5.42 Efecto de la variación de la carga sobre las corrientes en un regulador conmutado con control de frecuencia fija.

durante el cual el convertidor no opera (figura 5.43*b*), o bien la frecuencia aumenta con la disminución de la carga por reducirse la corriente que circula (figura 5.43*c*).

Las frecuencias a las que operan los reguladores conmutados suelen ser bastante elevadas en comparación con la de la red, normalmente entre 15 y 50 kHz, y con tendencia a subir en un futuro próximo, a tenor de la disponibilidad de transistores y diodos más rápidos. Esto implica el empleo de autoinducciones y, en su caso, transformadores que operen con pocas pérdidas a estas frecuencias, es decir con núcleos de ferrita, y en los que se deben extremar las precauciones para evitar efectos parásitos (capacidades, falta de acoplamiento). También son necesarios condensadores especiales. Además, si las potencias son relativamente altas hay problemas con los componentes semiconductores. Esto hace que el diseño de este tipo de fuentes esté prácticamente fuera del alcance de los aficionados a menos que las potencias sean bajas.

Existe en el mercado un circuito integrado que se adapta con facilidad a la realización de pequeñas fuentes conmutadas para batería de 12 voltios. Este circuito es el TL 497 (figura 5.44), que opera con control de frecuencia variable y tiempo de conducción fijo. Puede funcionar según los convertidores descritos exceptuando el simétrico. Su tensión de referencia es de alrededor de 1,22 voltios. Las resistencias de realimentación $R_1$ y $R_2$, deben proporcionar

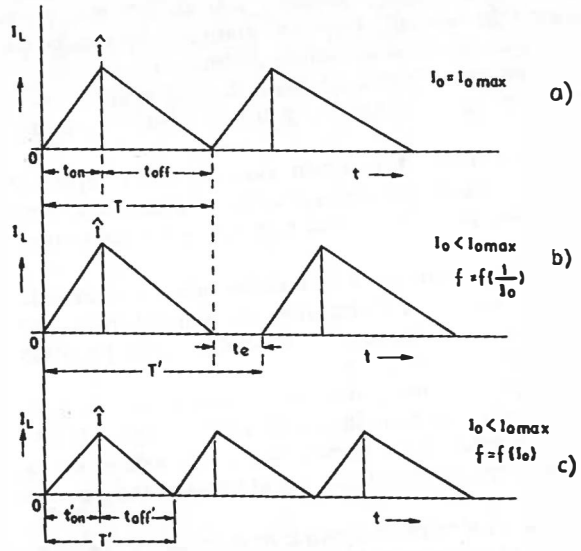



Figura 5.43 *a*) Efecto de la variación de la carga sobre las corrientes en un regulador conmutado con control de frecuencia variable; *b*) frecuencia que disminuye con la disminución de la carga ($t_{on}$ o $\hat{I}$ fija); *c*) con frecuencia que aumenta con la disminución de la carga $\hat{I}$ (función de $I_o$).

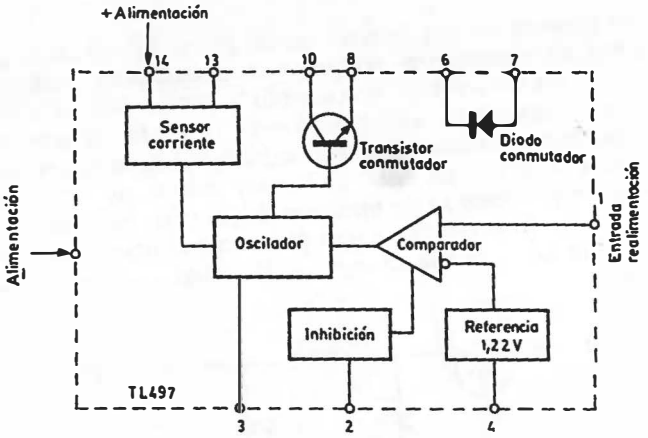



Figura 5.44 Esquema del regulador conmutado integrado TL 497.

una tensión igual a partir de la de salida. Sus posibilidades de corriente son de 500 mA de pico aunque admite ser reforzada por transistores y diodos de conmutación exteriores. El tiempo de conducción del transistor, $t_{on}$, se fija por medio del condensador *C*. La autoinducción presente en el circuito debe ser la necesaria según la potencia, tensiones y corrientes del convertidor, teniendo en cuenta que:

$$L = \frac{V t_{on}}{\hat{I}}$$

Según de qué clase de convertidor se trate, *V* es la tensión de entrada (convertidor indirecto) o la de entrada menos la de salida (convertidor directo).

La corriente de pico ($\hat{I}$) debe poder ser soportada por el transistor de conmutación y por el diodo y además no debe saturar la autoinducción. Por ello está provista normalmente de un entrehierro. El período correspondiente a la máxima frecuencia de trabajo satisface las fórmulas dadas y corresponde a la corriente y la potencia máximas de salida. Esta potencia corresponde a la energía almacenada en la autoinducción por la frecuencia máxima:

$$W = 1/2\ L\hat{I}^2 f = \frac{1}{2}\frac{L\hat{I}^2}{T}$$

Cuando no se extrae de la fuente la máxima corriente, aparece un tiempo de espera y los períodos de conducción se espacian.

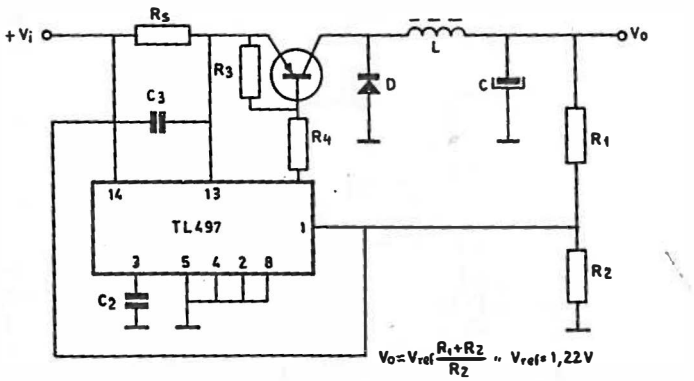



Figura 5.45 Conexión del regulador TL 497 cuyas posibilidades de conmutación son aumentadas por un transistor exterior para obtener mayor tensión de salida.

El circuito está provisto también de un sistema de protección para evitar la destrucción del transistor conmutador en el caso de cortocircuito de la carga o saturación de la autoinducción. Este circuito se activa cuando la caída de tensión en la resistencia en serie $R_s$ excede de 0,5 V, y actúa reduciendo progresivamente el período de conducción del transistor. Una pareja de condensadores evita oscilaciones parásitas. Un montaje típico aparece en la figura 5.45.

Este tipo de fuentes reguladas dan una buena estabilización tanto frente a las variaciones de la tensión de entrada como a variaciones en la carga, aunque producen abundantes picos de conmutación que pueden aparecer tanto a su salida como a su entrada y que en algunos casos pueden perturbar los circuitos sensibles. Contra ellos se suelen utilizar células de filtro *LC* provistas de condensadores de gran calidad (cerámicos y tantalio).

## 5.10 ALIMENTACIONES ESPECIALES

Tal como se han descrito, los sistemas de alimentación para equipos de radioaficionado representan los sistemas clásicos en el actual estado de la técnica, siguiendo los criterios expuestos al principio de este capítulo.

No obstante, es necesario citar las tendencias que posiblemente se impondrán en un futuro y el caso corriente de fuentes universales, bien para el laboratorio del aficionado o para alimentar diversos equipos.

### 5.10.1 Fuentes conmutadas conectadas a la red.

Para alimentar los equipos se utilizan cada vez más las fuentes conmutadas conectadas a la red.

Esto ha sido posible gracias a recientes desarrollos en semiconductores de potencia y de alta tensión. Tienen la organización de la figura 5.4, es decir llevan siempre transformador para cumplir con las normas de seguridad. Ello plantea un severo problema. Como el sistema de regulación debe tomar la tensión de salida en el secundario del transformador y atacar al transistor de conmutación que está en el circuito del primario, si no se adoptan precauciones se puede destruir el aislamiento conseguido. Este problema se resuelve utilizando transformadores o aisladores ópticos, o bien estabilizando la salida de un secundario del transformador especial para ello. No obstante en este último caso la estabilidad conseguida no es tan buena, pues la resistencia interna de todo el circuito del secundario (2.ª rectificación y 2.º filtro) no es compensada por el control.

Han aparecido un buen número de circuitos integrados para efectuar el control de este tipo de fuentes, de los cuales unos operan con frecuencia fija y otros con frecuencia variable, y que incluyen, además de las funciones necesarias, como en el caso de los reguladores lineales, un conjunto de dispositivos de protección contra todas las eventualidades, incluyendo un arranque inicial suave.

No se ha llegado en este campo a una normalización, como en el caso de los reguladores lineales, por lo que no se describen las opciones existentes. Parece no obstante que se llegará a ella en un futuro.

### 5.10.2 Fuentes para laboratorio

Las fuentes para laboratorio deben ser aptas para una amplia gama de tensiones y corrientes de salida y su estabilidad debe ser buena. Son normalmente alimentadas por la red y su regulador es lineal. Si el margen de regulación es amplio y sus posibilidades de corriente también, la disipación de calor en el transistor en serie (cuando la tensión de salida es baja y la corriente alta), puede ser muy grande y es imposible de ser manejada incluso por varios transistores en paralelo y grandes disipadores. Por esto se suele utilizar un prerregulador.

Este dispositivo se sitúa antes del regulador (figura 5.46) y se ajusta simultáneamente con el mando de la tensión de salida de la fuente. Su ubicación puede estar antes o después del rectificador y filtro, según la técnica que se utilice. De esta forma la tensión de entrada al regulador es sólo ligeramente superior a la de salida, con lo que se evita la excesiva disipación. El prerregulador más conocido y eficaz es el autotransformador de regulación continua.

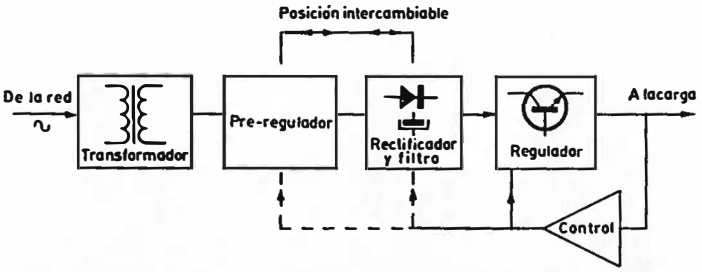



Figura 5.46 Diagrama de bloques de la organización de una fuente de alimentación para laboratorio, de amplia gama de tensiones de ajuste, que incluye prerregulador.

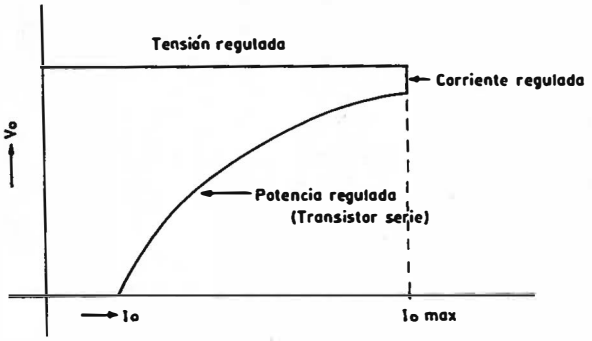



Figura 5.47 Diagrama tensión-corriente de un regulador lineal en serie, protegido por corriente máxima regulada apta para ser utilizada con autotransformador de regulación continua como prerregulador.

Este es un transformador toroidal con una escobilla que lo hace parecerse a un potenciómetro bobinado, y cuyo eje se acopla en «tándem» con el potenciómetro de ajuste del regulador.

El sistema de protección del regulador que se utiliza es por corriente máxima regulada, que es el sistema que mejor se adapta a todo tipo de cargas. Ello tiene no obstante una desventaja. Cuando la tensión de salida es alta, un cortocircuito puede hacer que el transistor en serie alcance a la gran disipación que se ha evitado con el prerregulador, ya que la tensión de entrada será elevada y fija.

Esto también se puede evitar haciendo que el sistema protector provea limitación de la potencia máxima en el transistor. Para ello se utilizan un multiplicador analógico que, por multiplicar tensiones proporcionales a la tensión y a la corriente en el transistor, entrega una señal proporcional a la potencia que se disipa. El sistema de protección completo reacciona limitando la tensión y la corriente de salida a un valor previsible en el transistor (figura 5.47).

## 5.11 RESUMEN

En este capítulo dedicado a las fuentes de alimentación se ha intentado dar una explicación de la organización de las fuentes usualmente utilizadas en los equipos del radioaficionado. Es evidente que el capítulo es incompleto por su brevedad. El autor recomienda al aficionado adelantado su obra «Fuentes de Alimentación Reguladas Electrónicamente», Marcombo, S.A. para un tratamiento más extenso, y remite a revistas especializadas sobre radioafición y al servicio de firmas industriales, para desarrollos concretos.

# recepción

6

*José Puig Esnal*

## 6.1 RECEPTOR DE GALENA

Dos puntos de un frente de una onda electromagnética polarizada verticalmente situados a distinto nivel sobre el suelo tienen un potencial distinto. Si los unimos por un conductor, circulará una corriente alterna de la misma frecuencia que el campo magnético variable. Cuando en el espacio hay muchas ondas electromagnéticas de distinta frecuencia, la corriente resultante será la suma de las corrientes que producirían cada una de ellas por separado.

Si intercalamos un circuito oscilante en tal conductor y lo excitamos con una frecuencia igual a la de resonancia del circuito oscilante, éste entrará en oscilación y podremos amplificar la oscilación.

Con este dispositivo se seleccionan las frecuencias deseadas, diciéndose que se ha sintonizado a tal frecuencia.

Así pues, el más elemental receptor será el de «galena» (figura 6.1) formado por un circuito oscilante de sintonía, el detector de cristal y los auriculares en serie.

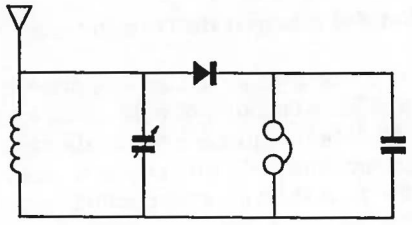


Figura 6.1 Receptor de galena

### 6.1.1 Recepción a reacción

La reacción consiste en suministrar radiofrecuencia modulada de placa, en el circuito de rejilla de la misma válvula, con lo que se obtiene una gran amplificación. Naturalmente que si esta energía es mayor que el amortiguamiento del circuito oscilante, la válvula oscila a la frecuencia del tanque de rejilla, superponiéndose esta oscilación a la de llegada, produciéndose un silbido resultante de la resta de las dos frecuencias ligeramente distintas; la mayoría de las veces el silbido ahoga la recepción por lo que se ha de procurar que la energía de placa transferida de la placa a la rejilla no sea mayor que el amortiguamiento. Como ejemplo de válvula con reacción tenemos la figura 6.2, en la que vemos que el condensador $C_3$ permite un mayor paso de radiofrecuencia a la bobina $L_2$, variando pues, la reacción. La válvula en la que se aplica la reacción puede ser la detectora.

### 6.1.2 Superheterodino

Aparte del heterodino y autodino, el que quizá más atención merezca es el receptor superheterodino, el cual ha alcanzado gran importancia por sus propiedades, y cuyo

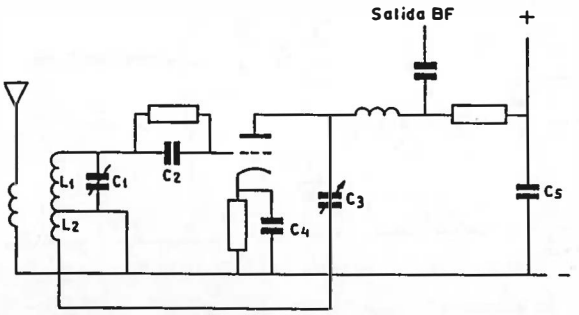



Figura 6.2 Receptor a reacción.

funcionamiento se resume en producir una frecuencia de latidos (llamada frecuencia intermedia) fija, de frecuencia superior a la audible siendo detectada y amplificada por resonancia (obteniéndose, por lo tanto, gran amplificación) y detectando de nuevo esta frecuencia intermedia.

Un ejemplo lo tenemos en la figura 6.3, en la que el valor de la frecuencia intermedia será la suma o la resta de las frecuencias entre antena y oscilador.

Hay múltiples esquemas o sistemas para completar un buen receptor; nosotros nos limitaremos a comentarlos por bloques, así como las posibles variantes que aceptan.

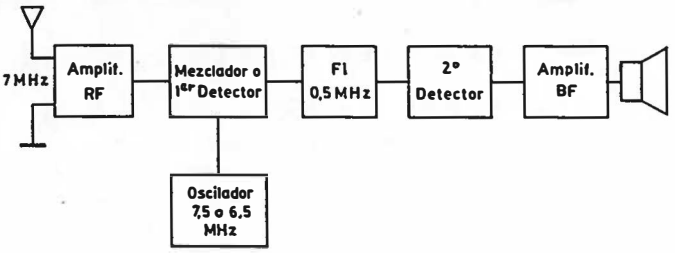



Figura 6.3 Esquema de bloques de un receptor superheterodino

## 6.2 PASOS DE RF

Puesto que los circuitos sintonizados necesarios entre el mezclador y la antena pueden combinarse con transistores para formar los pasos amplificadores de RF, la reducción de los ruidos del mezclador y el incremento de la relación imagen pueden obtenerse en una sola sección del receptor. Esta sección del receptor, cuando la lleva, se designa amplificador RF; cuando constituye una unidad independiente con un control de sintonía también separado se puede llamar preselector. Se suelen utilizar uno o dos pasos para el preselector o amplificador RF.

Algunos preselectores utilizan la regeneración para obtener mayor amplificación y selectividad. Rara vez se emplean en los preselectores más de dos pasos o etapas porque la ganancia que proporcionan dos de ellos es suficiente para superar el ruido del mezclador (figura 6.4).

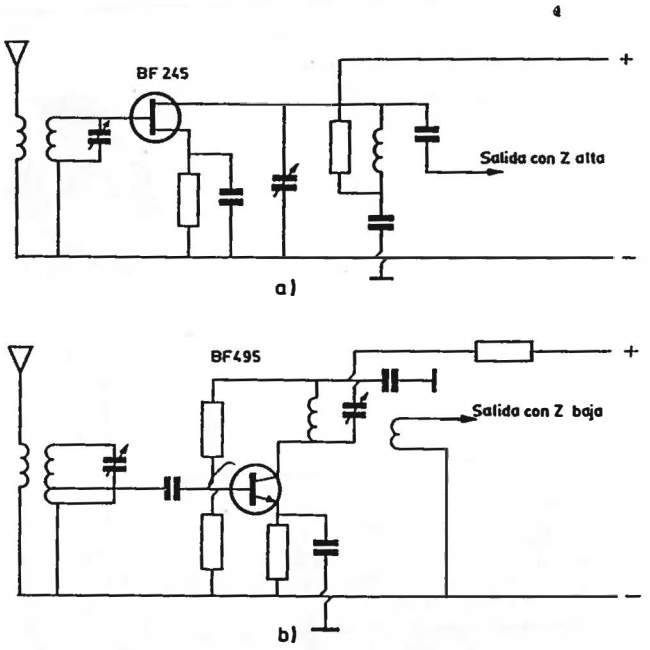



Figura 6.4 *a*) Amplificador de RF con transistor BF 245; *b*) amplificador de RF con transistor BF 495.

### 6.2.1 Circuitos de entrada sintonizados a la frecuencia de la señal

Los circuitos sintonizados a la frecuencia de la señal en los receptores superheterodinos y en los de radiofrecuencia sintonizada, constan de bobinas (ya en forma de solenoide o con arrollamiento universal) en paralelo con condensadores variables. Es en estos circuitos sintonizados donde reside ordinariamente la bondad o no del receptor.

El tipo de bobinas con arrollamiento universal se suele emplear para frecuencias inferiores a 2000 kHz; por encima de esta frecuencia convienen las bobinas de tipo solenoide de una sola capa.

### 6.2.2 Arrastre en el superheterodino (Pading)

Aunque el oscilador de un superheterodino se puede regular independientemente de los otros circuitos, en algunos casos es necesario disponer de este circuito, de forma que permita que la frecuencia del oscilador varíe en consonancia con la de los otros circuitos disponiendo todos los condensadores variables acoplados mecánicamente entre sí y manejados por un solo mando.

El mantenimiento de la frecuencia del oscilador en correspondencia con la de resonancia de los otros circuitos se llama arrastre de frecuencia. El procedimiento ordinario para obtener un buen arrastre es hacer funcionar el oscilador en la banda de alta frecuencia del mezclador y emplear un condensador de arrastre en serie para rebajar el valor de la variación de la frecuencia del oscilador. Esta debe ser más lenta a causa de que el oscilador cubre un margen más pequeño que el del mezclador cuando ambos se expresan como un porcentaje de frecuencia. Para frecuencias superiores a 7000 kHz y con frecuencias intermedias ordinarias, la diferencia en los porcentajes entre los dos márgenes de sintonía es tan pequeña que puede despreciarse en receptores diseñados para cubrir un pequeño margen como ocurre con la banda de Radioaficionados.

Un dispositivo para la sintonía del mezclador y el oscilador con un condensador de arrastre en serie, es el representado en la figura 6.5. El valor del condensador de arrastre varía considerablemente con las distintas frecuencias intermedias y los márgenes de sintonía; se pueden emplear valores tan pequeños como 0,0001 microfaradios para los márgenes más bajos de frecuencia y hasta 0,01 microfaradios para las frecuencias más altas.

En los receptores superheterodinos diseñados para cubrir solamente un solo margen de frecuencias, tales como las de radiodifusión en la banda normal, se obtiene, a veces, el arrastre entre el oscilador y los circuitos de RF recortando las placas variables de la sección que sintoniza el oscilador, dándoles así forma distinta de las placas empleadas para sintonizar los pasos de RF.

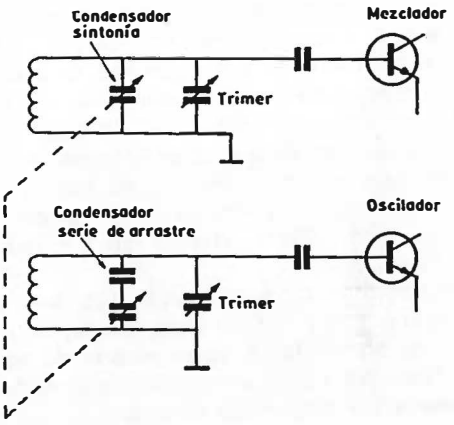



Figura 6.5 Arrastre o pading

### 6.2.3 Selección del margen de frecuencias

Puede variarse la frecuencia a la cual responde el receptor cambiando el tamaño de las bobinas o de los condensadores de los circuitos de sintonización, o bien, modificando ambos elementos. En los receptores de onda corta se suele emplear una combinación de ambos procedimientos; se cambia de bobinas al pasar de una banda a otra y se emplean condensadores variables para sintonizar el receptor en cada banda.

En la práctica, el cambio de bobinas puede efectuarse por cada uno de los dos procedimientos siguientes: un conmutador controlado desde el panel, permite conmutar las bobinas de distintos tamaños intercalándolas o quitándolas de los circuitos de sintonía, o bien las bobinas son enchufables en soportes y se cambian a mano. Cuando es preciso cambiar varias bobinas para cada banda, éstas se suelen montar en una regleta única, lo que permite poner y quitar el juego completo de una sola vez.

### 6.2.4 Sintonización con ensanche de banda

En los receptores que emplean grandes condensadores para cubrir el espectro de onda corta con un mínimo de bobinas, la sintonización de estaciones presenta cierta dificultad debido al gran margen de frecuencias cubierto por una pequeña variación de los condensadores variables. Para evitar este inconveniente se suele emplear algún procedimiento de sintonía lenta o de ensanche de banda.

Cuantitativamente se suele diseñar el ensanche de banda de forma que sea inversamente proporcional al margen cubierto. Por tanto una gran magnitud de ensanche de banda cubre un pequeño margen de frecuencias. Recíproca-

mente, una pequeña magnitud de ensanche de banda significa que un gran margen de frecuencias es cubierto por el dial de ensanche.

### 6.2.5 Tipos de ensanche de banda

Los sistemas de ensanche de banda son de dos tipos generales: eléctrico y mecánico. Los sistemas mecánicos son los que llevan diales de alta relación de desmultiplicación, en los cuales los condensadores de sintonía giran mucho más despacio que el botón del dial. En este sistema suele ponerse una escala separada o un índice acoplado al mando del dial para facilitar la lectura. Sin embargo, hay un límite en la magnitud de ensanche de banda que se puede obtener económicamente por este sistema mecánico utilizando un dial y un condensador poco costosos sin que el sistema de reducción de velocidad produzca saltos y detenciones que dificultan la sintonía. Para evitar esto, la mayor parte de los receptores utilizan una combinación electromecánica de ensanche de banda con lo que se obtiene una reducción moderada por medio del dial y la reducción restante se obtiene por medio del ensanche de banda eléctrico.

## 6.3 CIRCUITOS SINTONIZADOS DE FI

Los amplificadores de FI utilizan circuitos de paso de banda o pasabanda. Estos circuitos, como indica su nombre, dejan pasar solamente una banda de frecuencias. Los circuitos para paso de banda permiten casi todos los grados de selectividad; los tipos a emplear dependen de la aplicación particular a que se destine el amplificador FI.

### 6.3.1 Transformadores de FI

Suelen constar de dos o más circuitos acoplados de una u otra forma. En la figura 6.6 se representan algunos tipos; el circuito *a*) es el corriente, con acoplamiento inductivo entre las bobinas de los circuitos. Cuando el acoplamiento aumenta, la curva de selectividad se hace menos aguda y cuando se alcanza el acoplamiento crítico, la parte superior de la curva empieza a aplanarse. Si el acoplamiento sigue aumentando aparece una depresión en la parte superior de la curva. Los devanados para este tipo de transformador de FI, así como para la mayor parte de los otros tipos, casi siempre constan de pequeñas bobinas planas con devanado en nido de abeja montadas sobre un tubo de baquelita. Se utilizan con núcleo de aire y con núcleo de polvo de hierro. Los de «núcleo de hierro» proporcionan un «Q» más elevado, mayor ganancia y mejor selectividad que los de núcleo de aire.

Los circuitos representados en *b*) y *c*) son bastante semejantes; la única diferencia es el tipo de acoplamiento utilizado; en *b*) es inductivo y en *c*) capacitivo. El funcionamiento de ambos circuitos es análogo.

### 6.3.2 Filtros de cristal

La banda de paso de un amplificador FI puede hacerse muy estrecha utilizando un filtro de cristal piezoeléctrico que funciona como un circuito resonante serie en un montaje en puente conocido con el nombre de filtro de cristal. El factor de forma es bastante pobre, como ya podía esperarse al obtener la selectividad por medio del circuito equivalente a un solo circuito sintonizado; y la muy estrecha banda de paso que se obtiene como consecuencia del Q extremadamente alto del cristal hace que el filtro de cristal sea solamente utilizable para recepción radiotelegráfica en onda continua.

La banda de paso de un filtro de cristal de 455 kHz puede hacerse tan estrecha que sólo alcance a 50 Hz, mientras que con un circuito sintonizado de dimensiones prácticamente utilizables, la más estrecha banda de paso que puede obtenerse es de unos 5 kHz, para una sintonía del circuito a 455 kHz.

### 6.3.3 Consideraciones sobre los filtros de cristal

Un filtro de cristal, especialmente cuando se ajusta para recibir por el procedimiento de «única señal», reduce mucho las interferencias y los ruidos de fondo; esta última característica permite recibir señales que ordinariamente serían demasiado débiles para ser oídas por encima de los ruidos de fondo. Sin embargo, cuando el filtro se ajusta a la máxima selectividad, la banda de paso es tan estrecha que la señal recibida debe tener un alto grado de estabilidad a fin de que se mantenga constantemente dentro de la banda de paso. Análogamente, el oscilador local del receptor debe ser altamente estable, pues de lo contrario será necesario estar retocando constantemente la sintonía. Otro efecto que puede ser observado con sintonía demasiado «aguda» del filtro es que aparece una tendencia a producir un sonido de «timbre» al recibir las señales del código así como a producir cortes o colas en las mismas. Este efecto limita la velocidad de transmisión con que puede recibirse satisfactoriamente cuando el filtro se ajusta a la máxima selectividad.

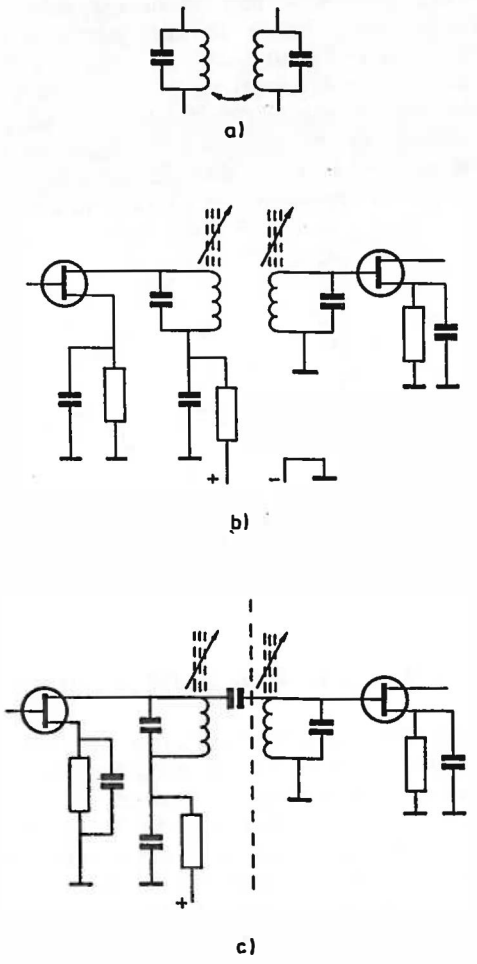



Figura 6.6 Sistemas de acoplamiento

### 6.3.4 Osciladores de frecuencia de batido

El oscilador de frecuencia de batido denominado generalmente oscilador telegráfico (OT) u OFB es un elemento adicional necesario para la recepción de señales radiotelegráficas de onda continua por medio de un superheterodino que no disponga de otro medio para obtener la modulación de dichas señales. Este oscilador se acopla o conecta inmediatamente delante del segundo detector y proporciona una señal de casi la misma frecuencia que la frecuencia intermedia.

Si el amplificador está sintonizado a 455 kHz, por ejemplo, el oscilador telegráfico está sintonizado aproximadamente a 454 o 456 kHz, para producir una nota de batido audible (1000 Hz) a la salida del segundo detector del receptor. La propia portadora de la señal es, desde luego, inaudible. El oscilador de batido no se usa para la recepción de fonía, excepto como medio auxiliar para buscar las estaciones débiles. La entrada del OT al segundo detector necesita ser solamente suficiente para dar una buena nota de batido para una señal media. Un acoplamiento excesivo en el segundo detector dará un nivel de silbido demasiado alto, enmascarándose las señales débiles por el alto ruido de fondo.

### 6.3.5 Circuito de detección de audio

Los segundos detectores que se emplean en los superheterodinos utilizan generalmente tipos de detección por diodo, por placa o de impedancia infinita. También se emplean detectores que utilizan un paso de FI o ninguno, en cuyo caso el segundo detector se suele montar a reacción.

Los detectores por diodo son los más populares como segundos detectores a causa de que permiten obtener sencillamente el control automático del volumen. El diodo carga al circuito sintonizado al que va conectado y esto reduce ligeramente su selectividad. Se emplean transformadores especiales de FI con objeto de conseguir un circuito de entrada de baja impedancia al diodo detector.

En la figura 6.7 se representa un circuito de detector por diodo.

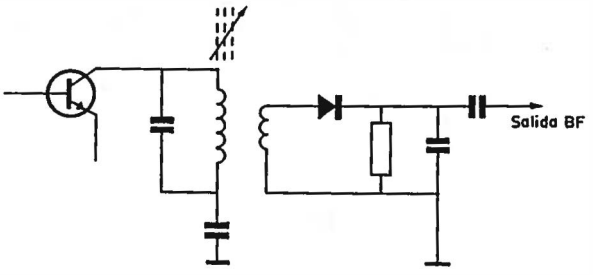



Figura 6.7 Detección a diodo

## 6.4 FILTROS EN LA LINEA DE ALIMENTACION

Muchos aparatos de uso doméstico que utilizan la electricidad, tales como aspiradores, refrigeradores, quemadores de aceite, máquinas de coser, timbres, etc., producen interferencias de naturaleza intermitente. Intercalando un filtro en la línea de alimentación, cerca del aparato causante de la interferencia, suele eliminarse completamente su pernicioso efecto. Para pequeños aparatos pueden utilizarse filtros formados por un condensador de 0,1 $\mu$F, conectado en paralelo con la línea de 125 o 220 voltios de corriente alterna. Dos condensadores en serie entre sí y el conjunto en paralelo con la línea y con el punto medio de la conexión de los condensadores puesto a tierra, pueden utilizarse para las máquinas de rayos ultravioletas, refrigeradores, hornos quemadores de aceite y otros aparatos interferentes.

En casos en que la interferencia es fuerte, deben adicionarse filtros formados por bobinas de choque para RF y que dejen pasar la corriente que circula por el aparato eléctrico, ya que deben conectarse en serie en los dos hilos de 125 o 220 voltios de c.a. y cerca del aparato interferente.

### 6.4.1 Limitadores de los picos de ruido

Han llegado a ser del dominio popular numerosos circuitos limitadores de ruido que son de efectos beneficiosos para evitar la interferencia producida por los golpes de manipulación, encendido de automóviles y otros impulsos semejantes. Todos funcionan bajo el principio de que cada impulso de ruido es de muy corta duración aunque de muy alta amplitud.

El chasquido o «click» producido por el sistema de encendido de los motores puede producir un valor de pico diez o veinte veces mayor que la señal de entrada, pero su potencia media es mucho menor que la de esta señal.

Como la duración de este tipo de ruidos es corta, el receptor puede dejarse sin funcionar durante el impulso de ruido sin que por esto el oído humano se aperciba o detecte la pérdida de señal. Algunos limitadores de ruido suprimen la señal durante el ruido, mientras que otros limitan el máximo de pico de señal que llega a los teléfonos o altavoces.

El pico de ruido es de tan corta duración que no sería perjudicial a no ser por el efecto de sobrecarga y de integración que produce en el receptor, efecto que aumenta con la constante de tiempo. Un pico agudo de tensión producirá un golpe o «click» sobre el diafragma de los auriculares o el altavoz, y el momento de inercia mantendrá al diafragma en movimiento hasta que el amortiguamiento del diafragma hace que éste quede en reposo. Este movimiento produce una especie de chasquido que puede anular completamente a la señal útil.

Si el impulso de ruido puede ser limitado a una amplitud de pico igual a la de señal útil, la interferencia resultante será prácticamente despreciable cuando su frecuencia de repetición sea pequeña, tal como ocurre con los ruidos producidos por la ignición de los motores. Además, el amplificador de RF del receptor también tenderá a alargar la duración de los impulsos de ruido a causa de que, por el Q relativamente alto de los circuitos sintonizados de FI, éstos entrarán en oscilación cuando sea excitado por un impulso agudo, tal como el producido por los ruidos de ignición. El limitador de ruidos más eficaz debería ser colocado delante de los circuitos sintonizados de alto Q empleados en la FI.

En este punto el impulso de ruido es el más agudo y no ha sido deformado por el paso a través de transformadores de FI. Además el impulso queda eliminado antes de que pueda producir efectos de oscilación amortiguada en la cadena de circuitos de FI.

### 6.4.2 Limitadores de audio

Algunos de los más sencillos y prácticos limitadores para recepción radiotelefónica emplean uno o dos diodos que funcionan como limitador shunt o serie en el sistema de audio del receptor. Cuando un impulso de ruido excede en una cierta magnitud de un nivel de umbral predeterminado,

el diodo limitador actúa como un cortocircuito o como un circuito abierto, según que se emplee el circuito shunt o el serie. El nivel de umbral se fijará suficientemente alto para que no corte los picos de modulación a fin de que no se perjudique la inteligibilidad, pero dicho nivel es suficientemente bajo para limitar eficazmente los picos de ruido.

A causa de que es de suma necesidad emplear la acción del limitador de picos cuando las señales son muy débiles y como éstas generalmente no son suficientemente intensas para hacer que funcione el CAV, resulta que cuando el umbral del limitador se ajusta para la recepción de fuertes señales radiotelefónicas no queda ajustado para la óptima limitación de ruido cuando se reciben señales débiles. Por esta razón a menudo el control de umbral está combinado con el sistema CAV de forma que el umbral óptimo se ajusta automáticamente en vez de hacerlo a mano. La supresión de los impulsos de ruido por medio de un limitador de los picos de audio conviene llevarla a efecto al principio del sistema de audio y, por la misma razón, la función del segundo detector del superheterodino y del limitador se suelen combinar en un circuito compuesto.

La magnitud limitadora que puede ser obtenida es una función de la distorsión de audio que puede tolerarse. Ya que la distorsión excesiva reducirá la inteligibilidad tanto como el ruido de fondo aparece un antagonismo entre la distorsión y el efecto limitador. Los limitadores de picos de ruido que trabajan en el segundo detector son mucho más eficaces cuando la anchura de FI del receptor es grande, ya que un amplificador FI, de característica aguda producirá un efecto integrador que prolonga los impulsos durante el tiempo en que alcanzan al segundo detector, haciendo menos efectivo el limitador. Los superheterodinos para muy altas frecuencias tienen una anchura de banda considerablemente mayor que el mínimo necesario para las bandas laterales de la voz (hay que tener cuidado con las variaciones e inestabilidad). Por tanto, son capaces de mejor supresión de los picos de ruido que un receptor ordinario de tráfico que tenga una anchura de FI, de 8 kHz. Análogamente cuando se emplea un filtro de cristal en la posición de «sintonía aguda», un limitador de ruidos en la audiofrecuencia produce poco beneficio.

### 6.4.3 Limitadores prácticos de los picos de ruido

En vez de describir los numerosos tipos existentes, muchos de los cuales son bastante complejos en relación con el mediano resultado que producen, describiremos sólo uno de ellos, que es tan eficaz como el limitador más complejo que puede ser construido y además es más sencillo. Requiere el empleo de un diodo adicional y algunas resistencias y condensadores más de los que serían empleados en un superheterodino sin limitador. Con alguna modificación en los valores de las resistencias y en las capacidades, estos circuitos se encuentran en una u otra forma en varios tipos de receptores de tráfico.

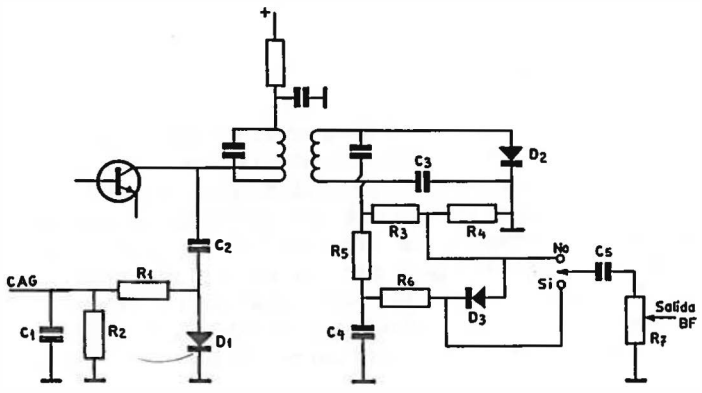


Figura 6.8 Limitador de ruidos

Refiriéndose a la figura 6.8, el circuito representa el segundo detector de un superheterodino corriente con CAG, y el primer paso de audio con la adición del diodo 1, que actúa como una puerta en serie, permitiendo que la audiofrecuencia llegue al amplificador solamente cuando el diodo conduce. El diodo está polarizado por una tensión continua obtenida de la misma forma que el CAG; la polarización es tal que los impulsos de poca duración bloquean al diodo cuando la tensión de estos impulsos excede a la portadora en el 60 %, aproximadamente. Esto también corta los picos de modulación de la voz, pero es insuficiente para perjudicar la inteligibilidad.

Se ve que el diodo serie corta solamente los picos positivos de modulación, limitando la modulación hasta el 60 %. Los picos negativos o inferiores son limitados automáticamente hasta el 100 % en el detector, ya que, evidentemente, la tensión rectificada de salida del detector no puede ser menos de cero. La limitación de los picos inferiores al 60 % en vez de al 100 % produciría sólo una pequeña mejoría en la reducción de ruido y este resultado no justifica el empleo de otros elementos adicionales.

Es importante emplear los valores exactos de las resistencias que se indican; en los resistores $R_3$ y $R_4$ pueden tolerarse variaciones del 10 %. También ha de tenerse en cuenta que la tensión rectificada de portadora desarrollada en $C_3$ debe ser por lo menos 5 voltios para un buen efecto limitador.

El limitador trabajará bien en radiotelegrafía por onda continua si la amplitud de la frecuencia del oscilador de batido no es demasiado alta. Es preferible una amplitud variable y ajustable desde el panel frontal. Si no se dispone de esta característica dicha amplitud del OT debe ser reducida al valor más bajo que de un batido satisfactorio. Cuando esto se realiza, puede obtenerse un efecto limitador eficaz y un buen batido ajustando adecuadamente los controles de ganancia de RF, y de audiofrecuencia. Debe tenerse en cuenta que el CAG está cortado para la recepción radiotelegráfica.

## 6.5 ETAPAS DE UN RECEPTOR

Hasta el momento hemos hablado muy superficialmente de la teórica de recepción, describimos a continuación algunos circuitos prácticos de las diferentes etapas de un receptor transistorizado para la banda de 144 MHz (2 metros), que puede ser utilizado (y muy interesante) por el radioaficionado.

### 6.5.1 Etapa de alta o radiofrecuencia

Si se emplea delante de la etapa mezcladora una amplificadora de RF (figura 6.9), se restringe el riesgo de radiación parásita en la frecuencia del oscilador. Además esta etapa de RF amplifica considerablemente la señal de entrada y, empleando los tipos adecuados de transistores, mejora la relación señal/ruido de fondo.

Una etapa más de RF da alguna ganancia adicional, pero no mejora el factor medio de ruido. Como la anchura de banda de los circuitos osciladores de 2 metros no es muy

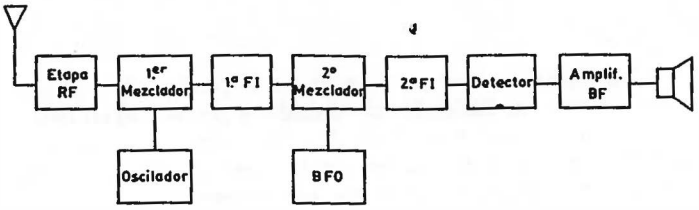



Figura 6.9 Esquema de bloques de un superheterodino simple

favorable y dado que los transistores de baja resistencia atenúan más los circuitos, en esta gama de frecuencias no se puede mejorar la selectividad por el aumento de número de las etapas. Aparte de esto, una excesiva amplificación de RF sobrecarga la etapa mezcladora, lo que puede conducir a la distorsión de intermodulación. De esto se deduce que lo más conveniente es una sola etapa de RF.

La figura 6.10 es un esquema de etapa amplificadora de RF usual. Para no tener que neutralizar esta etapa contra la autoexcitación se ha elegido la configuración de base común o a masa. Dado que la entrada del transistor en circuito de base común es de valor óhmico bajo, se conecta al emisor una derivación o toma de la bobina $L_1$. En este circuito la salida del transistor es de alta resistencia y por lo tanto se puede conectar el colector al extremo vivo del circuito. El divisor de tensión $R_2/R_3$ en la base y la resistencia $R_1$ en el conductor de emisor fijan el punto de trabajo del transistor y le confieren estabilidad ante fluctuaciones de la temperatura. El condensador $C_2$ conecta la base en radiofrecuencia al potencial cero.

El esquema de la figura 6.11 con un transistor de efecto de campo (FET) proporciona una considerable mejora de la etapa amplificadora de RF. El FET de alta resistencia supone solamente una carga reducida para el circuito de entrada oscilante y se produce una relación muy favorable señal/ruido para este paso. Con ello se pueden conseguir índices de ruido por debajo de KTo. B. Este bajo índice de ruido es importante para la recepción de señales débiles que

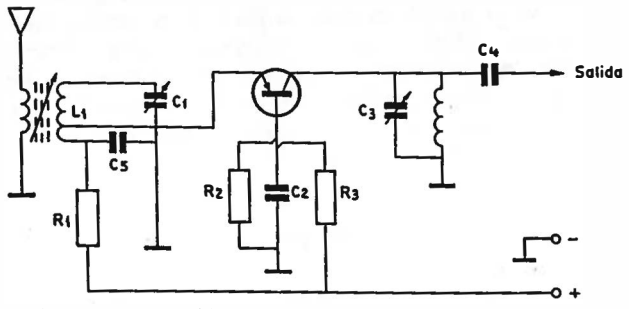



Figura 6.10 Etapa amplificadora de RF para la banda de 2 metros

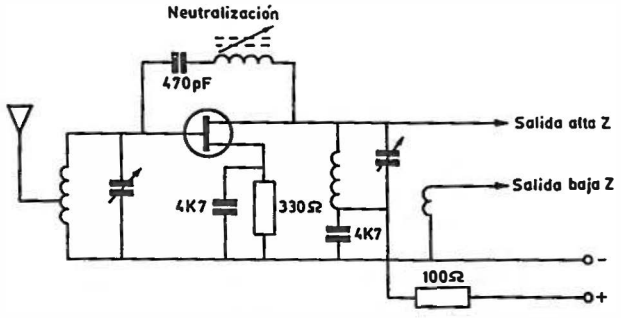



Figura 6.11 Etapa amplificadora de RF con transistor FET neutralizado

anteriormente ha sido solamente con válvulas especiales. Lo mismo que con las válvulas se pueden combinar con los transistores FET circuitos casco para obtener mayor ganancia.

### 6.5.2 Etapa mezcladora

Los radiorreceptores transistorizados trabajan hoy en día, casi sin excepción con una etapa mezcladora autooscilante. Así se economiza, en comparación con un circuito de oscilador separado, un transistor y varios elementos. Pero respecto a los receptores de radiodifusión debe tenerse en cuenta que se reciben casi siempre señales potentes. En la recepción de la banda de 2 metros no siempre es este el caso, pues las señales pueden ser mucho más débiles que en la radiodifusión. En un receptor de 2 metros es pues necesario diseñar óptimamente la etapa mezcladora del oscilador.

La etapa mezcladora de la figura 6.12 ha dado muy buenos resultados durante los ensayos. La frecuencia de la señal y la del oscilador alimentan al transistor que trabaja en circuito de emisor común. La inyección del oscilador puede realizarse exactamente dosificada con el condensador C. Lo esencial es que el divisor de tensión del circuito de base sea de un valor óhmico lo más bajo posible para disminuir los efectos de intermodulación.

Puede conseguirse menos tendencia a la intermodulación en la etapa mezcladora mediante un transistor de efecto de campo, con el esquema de la figura 6.13.

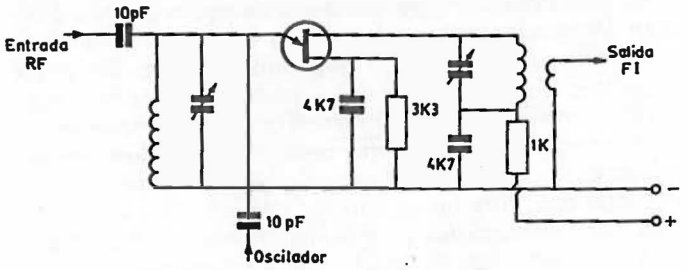



Figura 6.12 Etapa mezcladora para un receptor de 2 metros con inyección del oscilador en la base

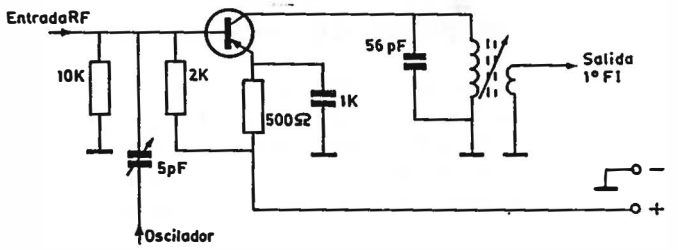



Figura 6.13 Etapa mezcladora con transistor FET

### 6.5.3 Oscilador

Según la aplicación y las exigencias de estabilidad, el oscilador puede trabajar autónomamente (frecuencia propia) o controlado por cuarzo. Un oscilador libre (figura 6.14) sintoniza la etapa mezcladora de un superheterodino sencillo, a la frecuencia de recepción. Naturalmente, este circuito es también apropiado en un superheterodino múltiple para convertir la primera frecuencia intermedia a otra más baja. Para ello solamente es necesario dimensionar $C_1$ y $L_1$ de acuerdo con la frecuencia. El ensanche de la

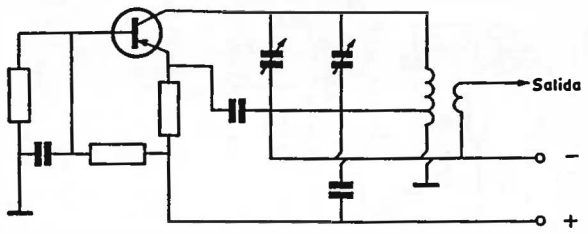



Figura 6.14 Oscilador de frecuencia propia (oscilación libre) para receptor y BFO (oscilador de batido).

banda se obtiene conectando un trimer $C_2$ en paralelo con el condensador variable de sintonización $C_1$. Para que la frecuencia del oscilador sea estable en caso de fluctuaciones de la tensión de servicio, es necesario estabilizar ésta, por ejemplo, con un diodo zener.

Para conseguir también estabilidad en la etapa RF y en la etapa mezcladora conviene estabilizar igualmente la tensión de servicio de estas etapas. Así también se conserva invariable la calibración de la escala con cualquier tensión de servicio (figura 6.15).

En superheterodinos dobles o múltiples, en los cuales dos o más osciladores deben ser estables en su frecuencia, la situación es más crítica. Según la constante de temperatura de los diferentes elementos o componentes de construcción (que es raramente conocida) puede ocurrir, por ejemplo, que la frecuencia de los dos osciladores varíe en direcciones desfavorables. En caso de ligeras fluctuaciones de la tensión o variaciones de la temperatura, no solamente se altera la graduación de la escala sino que también empeora el rendimiento del receptor por la desintonización de los osciladores en distintos sentidos. Se hace necesario una estabilización particularmente eficaz de la tensión y el conocimiento de las constantes de temperatura de los elementos críticos del circuito, es decir, su compensación por medio de ensayos detallados para conseguir condiciones estables. Un oscilador de frecuencia fija controlada por un cuarzo, trabaja con mucha más estabilidad, pero es más caro. En ellos se utiliza muchas veces el circuito de la figura 6.16. La reacción desde el circuito oscilante sobre el emisor se efectúa mediante el divisor de tensión $C_2/C_3$ y el cuarzo oscilante.

Como es más difícil estabilizar osciladores de frecuencia propia (oscilación libre) a altas frecuencias que a frecuencias bajas, en un superheterodino doble es aconsejable diseñar el segundo oscilador (frecuencia más baja) sintonizable. El primer oscilador (figura 6.16) trabaja en la frecuencia más alta controlado por un cuarzo, pero como los cuarzos para tan altas frecuencias son difíciles de conseguir

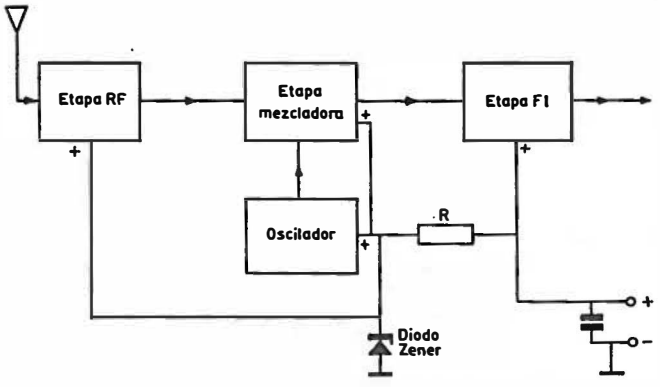



Figura 6.15 Estabilización de la tensión con un diodo zener.

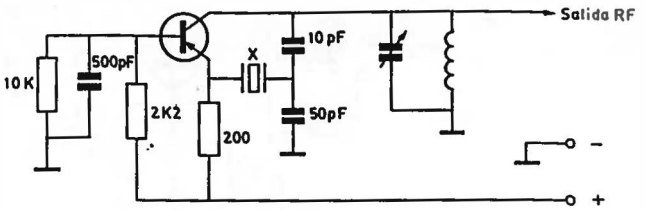



Figura 6.16 Oscilador controlado por cuarzo

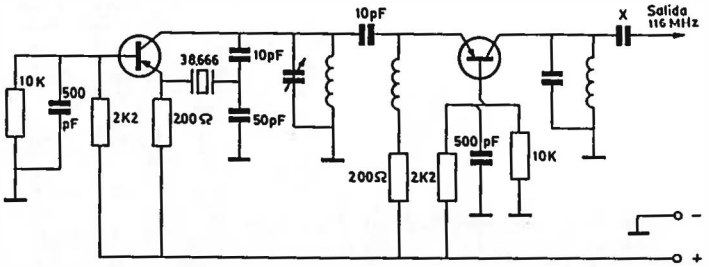



Figura 6.17 Oscilador de dos etapas para conversor. El cuarzo con una frecuencia armónica de 38,666 MHz produce, después de la triplicación, 116 MHz en la segunda etapa. Para la banda de 2 metros, resulta así una gama de 1.ª FI sintonizable de 28 a 30 MHz.

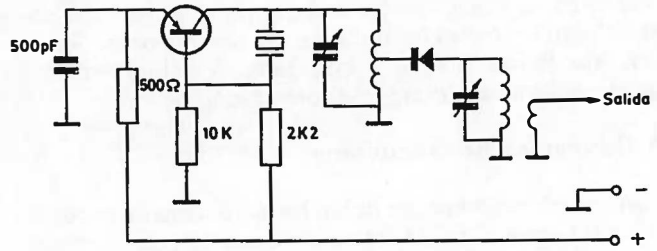



Figura 6.18 Oscilador de cuarzo con diodo para la multiplicación de la frecuencia.

y además son caros, se obtiene la multiplicación de la frecuencia mediante una etapa adicional. Un oscilador de dos pasos construido según la figura 6.17, necesita por lo tanto, tan sólo un cuarzo de frecuencia más baja. Lo mismo que en un circuito de válvula se puede realizar la sintonización en un armónico del cuarzo. Los cuarzos necesarios para esto son relativamente baratos. Para completar vamos a tratar de la multiplicación de frecuencia con un diodo, de lo que es un ejemplo la figura 6.18.

### 6.5.4 Conversor para la banda de 2 metros

En el apartado 6.5.3 hemos visto que se puede generar más fácilmente una alta frecuencia con un oscilador de cuarzo que con otro de oscilación libre.

La figura 6.19 es un sencillo circuito de conversor, en el cual la frecuencia se produce con un oscilador de una sola etapa. Este conversor se puede adquirir actualmente como unidad de construcción comercial, 144 MHz a 28 MHz. Ahora existen conversores de este tipo de diferentes fabricantes de material para aficionados.

La antena está acoplada a una derivación del circuito oscilante de entrada. Para la correcta adaptación del transistor de entrada que trabaja con base a masa, el emisor está conectado a un divisor capacitivo de tensión. La etapa mezcladora, en emisor común o masa está acoplada, a través de un filtro de banda. La frecuencia del oscilador a través de un condensador a la base del transistor mezclador. El filtro de banda de FI se calcula para la frecuencia del oscilador, por ejemplo, para la banda de 10 metros.

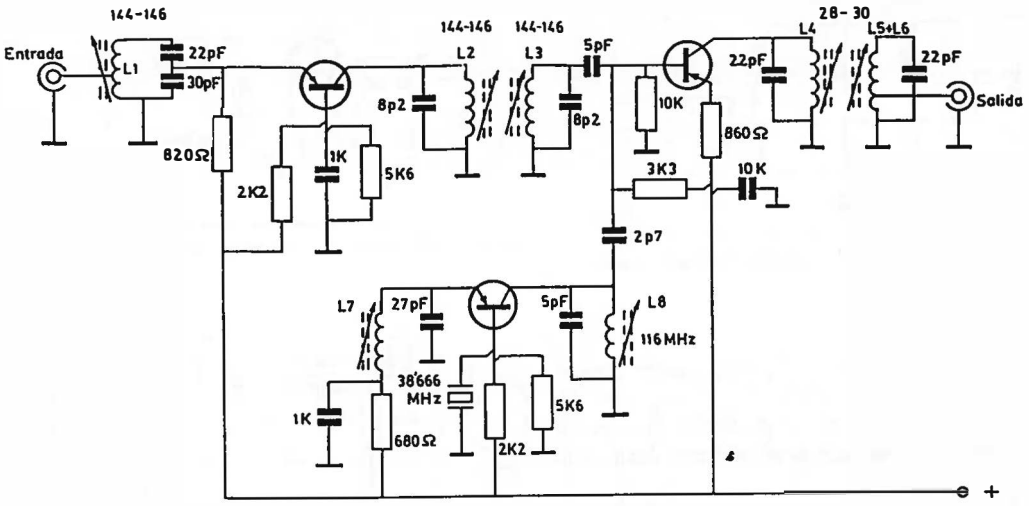



Figura 6.19 Conversor para la banda de 2 metros.

El oscilador es muy sencillo. Si se utiliza la banda de 10 m para la sintonización, será equipado con un cuarzo de armónicos para 38,666 MHz. Para ello se sintoniza $L_7$ a la frecuencia del cuarzo y $L_8$ al tercer armónico, es decir, 116 MHz. La sintonización de los circuitos se efectúa por permeabilidad en todas las bobinas del conversor mediante núcleos de ferrita. Como capacidades de los circuitos oscilantes se emplean condensadores fijos.

### 6.5.5 Conversor de frecuencia

En un superheterodino de doble heterodinado se necesita además del conversor del tuner o sintonizador, otro conversor de frecuencia. Si el primer conversor contiene un oscilador local controlado por cuarzo, el oscilador del segundo conversor de frecuencia debe ser variable. Si se sintoniza la banda con el oscilador del tuner, el segundo conversor de frecuencia puede funcionar con un oscilador controlado por cuarzo.

Si en el primer conversor el oscilador es sintonizable, entonces el segundo oscilador puede ser de frecuencia fija, o bien puede ser utilizado solamente para una sintonización fina dentro de una gama limitada. Si se puede sintonizar el primer oscilador mediante un dial de precisión con bastante exactitud, se controla, por motivos de estabilidad, el segundo oscilador mediante un cuarzo.

La figura 6.20 es el esquema de un conversor que convierte una primera FI de 11,155 kHz de un oscilador controlado por cuarzo de 10,7 MHz en una segunda FI de 455 kHz. Este cuarzo de 10,7 MHz no se ha elegido por algún motivo especial sino porque lo tenía el autor. Al seleccionar otra frecuencia del cuarzo debe cuidarse siempre que ninguno de sus armónicos caiga dentro de la banda de 2 metros. La FI de 455 kHz se obtuvo en el siguiente amplificador de FI con tres filtros.

En el apartado 6.5.2 se ha explicado que es difícil diseñar etapas mezcladoras autooscilantes para señales débiles, y que para alcanzar la máxima sensibilidad y el menor ruido de fondo es absolutamente necesaria una correcta dosificación de la amplitud del oscilador. En el circuito de la figura 6.20 se puede variar la amplitud de la etapa mezcladora mediante la modificación del número de espiras de $L_4$.

### 6.5.6 Amplificador de frecuencia intermedia y demodulador

Para el diseño de un receptor superheterodino hay que elegir la frecuencia intermedia. En un superheterodino simple debe tenerse en cuenta que con una FI alta es fácil suprimir la frecuencia imagen, pero la amplificación es poco satisfactoria, por el contrario con una FI muy baja se puede obtener buena amplificación, pero en cambio es difícil eliminar la frecuencia imagen y separar suficientemente la frecuencia del oscilador y la frecuencia de señal. Una buena solución intermedia consiste en adoptar para la conversión de frecuencia una relación de 10:1 aproximadamente. Esto significa para la banda de 2 metros una frecuencia intermedia de 14-15 MHz. La FI internacional de 10,7 MHz es algo más favorable en la amplificación.

La modificación del circuito de demodulación es fácil, aunque no se puede reducir el ancho de la banda sin cambios en los filtros. Para pequeños aparatos de construcción sencilla se puede aceptar este ancho de banda, que en la práctica puede resultar incluso ventajoso. De todos modos, si se alimenta el receptor con la batería del coche ya no es posible compensar completamente las variaciones de la frecuencia mediante circuitos de estabilización. Por otra parte, la mayor anchura de banda facilita el manejo del

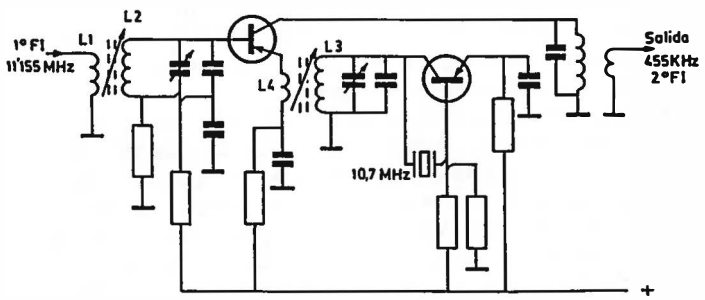



Figura 6.20 Conversor de frecuencia con oscilador controlado por cuarzo

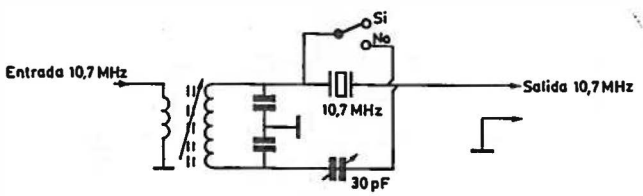



Figura 6.21 Esquema de un sencillo filtro de cuarzo para 10,7 MHz

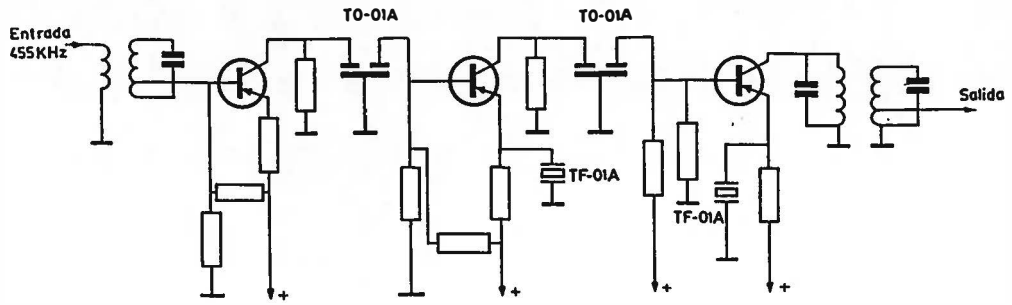



Figura 6.22 Amplificador de FI para 455 kHz con filtro de banda

receptor. Para receptores de alto rendimiento queda totalmente excluida una gran anchura de la banda, por lo que hay qùe recurrir a otros medios tales como el empleo de un filtro de cuarzo delante del amplificador FI de banda ancho. Con el filtro de circuito representado en la figura 6.21 seguido de un filtro para 10,7 MHz se ha mejorado mucho la selectividad.

Dado que con transistores amplificadores para altas frecuencias se pueden conseguir únicamente bandas relativamente anchas, resulta recomendable un amplificador de FI bajo. El superheterodino simple, sin embargo tiene muchas desventajas con un amplificador FI bajo por lo cual se trabaja preferentemente con heterodinado múltiple. Un primer amplificador de FI alto permite acercarse más a la relación de conversión favorable de 10:1. Tampoco es de despreciar la mayor seguridad contra la frecuencia imagen.

La segunda frecuencia intermedia, que queda más baja proporciona sobre todo una buena amplificación con favorable selectividad. Si aquí se emplea también una relación de conversión de 10:1 con una primera de 10-15 MHz, resulta un segundo amplificador FI de 1-1,5 MHz.

En amplificadores FI, de baja frecuencia (455-500 kHz) son muy apropiados los filtros de banda de la firma Intermetall para las frecuencias de 455, 465 y 500 kHz. Pueden soldarse directamente en el circuito y a diferencia de los filtros de bobina, no disponen de medios de ajuste. El amplificador de la figura 6.22 proporciona además de buena selectividad, una amplificación muy aceptable. Hay que añadir a esto las reducidas dimensiones que son de interés particular en nuestro caso.

Pueden construirse amplificadores FI con filtro de banda y mayor número de etapas, pero con el riesgo de autoexcitación, y la banda así conseguida únicamente es utilizable para servicio de grafía. En las pequeñas estaciones portátiles basta el esquema de la figura 6.22 para obtener conversión doble. Los filtros de banda son relativamente baratos.

Se consigue un amplificador FI de buen rendimiento si se emplea simplemente un radiorreceptor a transistores con banda de onda corta. La sintonización de la banda de 2 metros se efectúa entonces en la gama de onda corta del radiorreceptor con una anchura de, al menos 2 MHz (144 a 146 MHz).

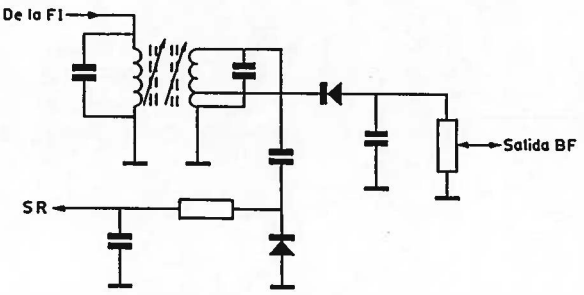



Figura 6.23 Esquema de demodulador para un receptor de 2 metros.

Para la demodulación de AM es apropiado el mismo sencillo circuito de diodo que se emplea también en las gamas AM de radiorreceptores normales. La figura 6.23 ilustra el principio. Para no atenuar el último filtro FI en exceso, queda el diodo conectado a una derivación. En el punto SR se puede tomar la tensión del control automático de sensibilidad.

# transmisión

# 7

*Ricardo Llauradó Olivella*

## 7.1 GENERALIDADES

Se entiende por transmisión el envío de un punto a otro de un mensaje o información. Entre estos puntos no debe existir cable alguno, ya que hablamos de transmisiones inalámbricas. El mensaje o información viaja mediante las ondas de radio, llamadas ondas hercianas, que son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde señales audibles de 10 kHz hasta 3.000 GHz que ya pertenecen a las microondas. Elevando la frecuencia encontraríamos dentro de las radiaciones electromagnéticas los rayos infrarrojos, la luz o espectro visible y otras radiaciones como los rayos ultravioleta, rayos X, y los rayos cósmicos.

Las ondas hercianas no son perceptibles por el ojo humano, y viajan por el espacio a la misma velocidad que la luz; su comportamiento tiene ciertas analogías con la misma, ya que se refractan al cambiar de medio e incluso se reflejan como sucede con la capa de ozono que rodea la Tierra, llamada ionosfera, e incluso se utiliza la Luna para reflejar señales de radio, y poder enlazar radiofónicamente dos puntos muy distantes de la Tierra.

Las ondas de radio se producen en circuitos electrónicos en los que se introduce la información o mensaje a emitir, que puede ser sonido, imagen o señal codificada. Pueden existir diversos pasos amplificadores de potencia, según sea la distancia que se pretende cubrir, y finalmente esta energía se entrega a una antena, produciendo un campo electromagnético que se propaga por el espacio, pudiendo ser captado por otras antenas entre las que no exista unión física alguna.

En este capítulo, estudiaremos los circuitos pertenecientes a los transmisores de radioaficionados, aunque debe tenerse en cuenta que en la actualidad, prácticamente no existen los transmisores separados de los receptores; se fabrican unidades completas denominadas *transceptores*, que agrupan a los transmisores y receptores en un solo equipo. Mucha circuitería es común a las etapas de emisión y recepción, que además de hacerlo más práctico, cómodo y manejable, abarata la fabricación al disminuir el número de componentes, como pueden ser el dial, los filtros de cuarzo y diversos osciladores.

## 7.2 CLASIFICACION DE LOS TRANSMISORES

Una primera clasificación de los transmisores sería por su frecuencia. En la tabla 7.1 pueden observarse las divisiones por saltos de frecuencia. Los radioaficionados tienen

| Sigla | Subdivisión | Longitud de onda | Banda | Gama de frecuencia | Características de propagación | Uso típico |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VLF | Ondas Muy Largas (miriamétricas) | de 30.000 m a 10.000 m | 4 | de 10 kHz a 30 kHz | propagación por onda de tierra; atenuación débil; características estables | enlaces de radio a gran distancia |
| LF | Ondas Largas (kilométricas) | de 10.000 m a 1.000 m | 5 | de 30 kHz a 300 kHz | similar a la anterior, pero de características menos estables | enlaces de radio a gran distancia; ayuda a la navegación aérea y marítima |
| MF | Ondas Medias (hectométricas) | de 1.000 m a 100 m | 6 | de 300 kHz a 3 MHz | similar a las precedentes pero con una absorción elevada durante el día; propagación prevalentemente ionosférica durante la noche | radiodifusión |
| HF | Ondas Cortas (decamétricas) | de 100 m a 10 m | 7 | de 3 MHz a 30 MHz | propagación prevalentemente ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y de la noche | comunicaciones de todo tipo a media y larga distancia |
| VHF | Ondas Cortísimas (métricas) | de 10 m a 1 m | 8 | de 30 MHz a 300 MHz | prevalentemente propagación directa; esporádicamente propagación ionosférica o troposférica | enlaces de radio a corta distancia, televisión, frecuencia modulada |
| UHF | Ondas Ultracortas (decimétricas) | de 1 m a 10 cm | 9 | de 300 MHz a 3 GHz | exclusivamente propagación directa; posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales | enlaces de radio, televisión, radar, ayuda a la navegación aérea |
| SHF | Microondas (centimétricas) | de 10 cm a 1 cm | 10 | de 3 GHz a 30 GHz | como la precedente | radar, enlaces de radio |
| EHF | Microondas (milimétricas) | de 1 cm a 1 mm | 11 | de 30 GHz a 300 GHz | como la precedente | como la precedente |
| EHF | Microondas (decimilimétricas) | de 1 mm a 0,1 mm | 12 | de 300 GHz a 3.000 GHz | como la precedente | como la precedente |

Tabla 7.1 Clasificación de las emisiones por su frecuencia. Se indican características y uso general.

frecuencias asignadas en FM (frecuencia modulada) con longitudes de onda de 160 metros, y en HF (altas frecuencias) con 80, 40, 30, 20, 17, 15, 12 y 10 metros que son las llamadas *bandas decamétricas*. En la VHF (muy altas frecuencias) en 144 MHz y en algunos países en 220 MHz; en UHF (ultra altas frecuencias) en 432 y 1.296 MHz; mientras que en SHF (supra altas frecuencias) algunos países operan con 2.300 y 3.300 MHz. En cierta forma esta clasificación seguiría en orden al avance de la técnica en la radio. Las primeras experiencias en radio se efectuaron en onda larga, utilizando bobinas y antenas de dimensiones colosales. Con el descubrimiento de la válvula triodo y su perfeccionamiento se pudo ir aumentando la frecuencia de las emisiones. Fueron los radioaficionados los pioneros en este campo, quienes doblaron la frecuencia a medida que los componentes lo permitían, y aunque de esto hace más de medio siglo, la historia no ha terminado, ya que los radioaficionados siguen trabajando de forma experimental en las frecuencias de UHF y SHF, desarrollando nuevos sistemas de antenas, circuitería, y sobre todo, estudiando los sistemas de propagación que rigen para cada gama de frecuencias. Se han obtenido resultados insospechados, tales como: conseguir comunicaciones en VHF y en UHF a través de la alta atmósfera ionizada por meteoritos o estrellas fugaces, por reflexión en capas de aire de diferente densidad y temperatura, o utilizar la Luna como repetidor pasivo, y predecir las fechas de propagación en las diferentes bandas.

El segundo criterio en que nos basaremos para clasificar los transmisores será la forma en que se imparte la información o mensaje. De nada serviría enviar una señal de radio, si ésta no lleva un mensaje. Podemos enviar una señal de radio y cortar la transmisión de la señal varias veces, dejando un espacio entre transmisión de una señal y la siguiente, incluso podemos alargar los espacios o las señales. Si el receptor es capaz de indicarnos cuándo recibe una señal y la duración de la misma, se puede formar un código, de forma que si se envía primero una señal corta y luego una larga, esto se interprete por la letra A. En este principio está basada la telegrafía por el código Morse de señales cortas y largas o, lo que es lo mismo, de puntos y rayas. Este fue el primer sistema que se utilizó para enviar un mensaje por las ondas de radio, es decir que se moduló una señal de radio. Posteriormente se quiso transmitir la voz humana, lo mismo que por teléfono. La voz se transforma en impulsos eléctricos en el micrófono y éstos pueden utilizarse de diferente forma para modular las señales de radio. Según como se realice la modulación, se producen básicamente los siguientes tipos de emisión: amplitud modulada, frecuencia modulada y banda lateral única. Hay otros sistemas posibles de modulación, pero éstos son los más utilizados actualmente.

Puede crear una cierta confusión el pensar que estos sistemas sólo sirven para transmitir voz, en realidad, estos tres sistemas también pueden utilizarse para transmitir imágenes o señales codificadas como en las teleimpresoras. Estas señales podrían transmitirse, por ejemplo, en cualquiera de los tres sistemas mencionados. Conviene tener presente que la banda lateral única sólo se utiliza en las bandas decamétricas, es decir por debajo de 30 MHz, y la frecuencia modulada, únicamente se utiliza en VHF y UHF.

Aunque en los tres sistemas citados puede utilizarse cualquier frecuencia, puede resultar más adecuado o ventajoso utilizar un sistema de modulación u otro. Así, en banda lateral única, se trabaja en cualquier frecuencia que permita comunicaciones a largo alcance, en bandas decamétricas es típico, ya que se trata de cubrir distancias tan grandes como las existentes hasta las antípodas o, lo que es más difícil, a un lugar geográficamente próximo pero haciendo que las señales de radio den la vuelta al mundo (el llamado camino largo). En VHF este sistema se utiliza menos, ya que los grandes alcances sólo pueden lograrse por rebote lunar, ionización meteórica o reflexiones esporádicas en capas ionosféricas. En estos casos es muy común utilizar la frecuencia modulada, ya que proporciona una alta calidad en la recepción de la voz aún empleando estaciones de tamaño reducido, incluso *walkie-talkie* que, gracias a repetidores colocados en las cimas de las montañas, consiguen alcances medios de 200 kilómetros. La tabla 7.2 establece un resumen de la clasificación de los transmisores por el sistema de codificación o modulación de la señal de radio.

| | |
|---|---|
| CW | Siglas que significan telegrafía y constituyen emisiones de señales codificadas en Morse. Hay dos subgrupos: $A_1$, emisión en CW por interrupción de portadora. $A_2$, emisión en CW por modulación en un tono de audio. |
| AM | Es la abreviatura de amplitud modulada y se refiere a un tipo de emisión en la que amplitud de la portadora varía con la misma amplitud que la voz humana. Este grupo, denominado $A_3$, es muy amplio, ya que engloba a las emisiones de doble banda lateral o banda lateral única, con o sin portadora suprimida. No obstante, la banda lateral única es un subgrupo importante y merece mención especial. |
| SSB | Siglas del inglés single side band, que quieren decir banda lateral única, cuya abreviación en castellano sería BLU y es un subgrupo de la AM. Debido a la supresión de una banda lateral y de la portadora, a igualdad de potencia que una estación de AM, consigue alcances unas cuatro veces superiores y además el ancho de banda ocupado es de una tercera parte, tan sólo 2,7 kHz, en lugar de los 6 kHz de una emisión en AM. Técnicamente la SSB se denomina A3J. |
| FM | Siglas de frecuencia modulada. En este caso la modulación de la señal afecta a la frecuencia, permaneciendo su amplitud invariable. Se caracteriza por su alta calidad. El ancho de banda también es grande, unos 12 kHz. Técnicamente se denomina F3. |
| SSTV | Televisión de barrido lento (Slow Scanning Television) Permite emitir una imagen completa cada ocho segundos, ocupando tan sólo 2,7 kHz de audio, por lo que puede ser emitido en SSB, y por descontado en FM o AM, siendo lo más usual en SSB. En bandas decamétricas permite enviar imágenes fijas a grandes distancias. |
| ATV | Televisión normal. Se trata de la emisión de televisión de aficionados en blanco y negro o color y además del sonido. Generalmente y por la gran anchura de banda ocupada se utiliza en VHF. |
| RTTY | Emisión de señal codificada en dos tonos correspondientes a números y letras. Se utiliza un teclado alfanumérico, y la modulación puede ser en AM, FM o SSB. La ATV, SSTV y RTTY, se estudiarán en el capítulo 10 «sistemas avanzados de comunicación». |

Tabla 7.2 Clasificación de los transmisores por el sistema de modulación o codificación de la señal de radio

## 7.3 EMISION EN TELEGRAFIA

Para obtener una señal de telegrafía, hay que generar una señal de radio de frecuencia estable, amplificarla convenientemente, reducir los armónicos y frecuencias espurias que se hayan podido crear en la amplificación, y finalmente

entregar esta energía a la antena. Naturalmente hay que prever el sistema de manipulación de la señal, de forma que al mismo ritmo que se pulsa el manipulador telegráfico se emitan impulsos en la antena.

Supongamos que utilizamos el manipulador en serie con la alimentación. Al cerrar el manipulador se emitiría una señal que duraría todo el tiempo que se esté pulsando el manipulador. Ahora bien, sería inadecuado hacer pasar toda la potencia que consume el transmisor por el manipulador ya que la señal obtenida no sería estable, pues el oscilador de señal debe estabilizarse en temperatura y tensión lo que sólo se logra al cabo de unos segundos de estar conectado permanentemente.

Un desplazamiento de algunas decenas de hercios provocaría en el receptor una señal molesta. Por esto debe hacerse la manipulación en un paso intermedio.

En la figura 7.1 el manipulador ataca un amplificador intermedio. El oscilador permanece constantemente conectado y además tiene un circuito separador o «buffer» cuya función es aislar el oscilador del amplificador intermedio, de forma que aunque la carga sea variable para el separador, el oscilador tenga una carga constante y por lo tanto no varíe en frecuencia.

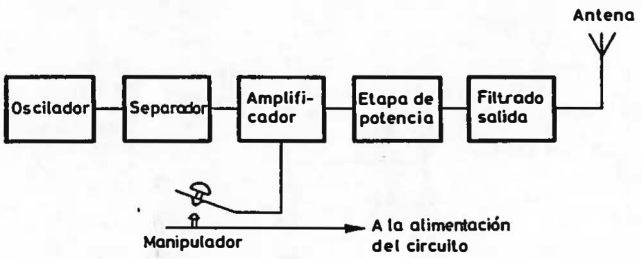



Figura 7.1 Diagrama de bloques de un emisor simple de telegrafía

En los modernos transceptores para ondas decamétricas esto se hace así rigurosamente; el manipulador ataca a un modulador balanceado, desbalanceándolo y por tanto obteniendo la señal portadora, y este modulador ocupa un paso intermedio similar al del diagrama de la figura 7.1.

Otra consideración a tener en cuenta es que, si bien el esquema que hemos considerado puede funcionar perfectamente, en los períodos de recepción el radioaficionado necesitará desconectar la antena del emisor y conectarla al receptor. Naturalmente, esto se puede hacer con un relé. Pero si este relé se excita cada vez que apretamos el manipulador, a cada impulso el relé cerrará y abrirá un circuito, produciendo un ruido y desgastes innecesarios. Podemos, pues, incorporar un dispositivo que active el relé al primer impulso del manipulador, y que se desactive al finalizar la manipulación. ¿Cómo hacerlo automático? Basta colocar un temporizador ajustable, de forma que la temporización sea superior que los espacios que existan entre impulsos sucesivos; cuando un espacio supere el valor de temporización, se producirá el disparo del temporizador y el relé se desactivará pasando la antena al circuito receptor. Los transceptores compactos que incluyen telegrafía, banda lateral y otras modalidades de emisión, suelen tener este circuito de disparo automático, llamado VOX, que en fonía permite pasar a emisión simplemente hablando delante del micrófono, o sea de forma automática. Es este mismo circuito el que se utiliza en telegrafía, debiéndose hacer un ajuste de la temporización, que debe ser mayor para los novatos y más corta a medida que se va adquiriendo habilidad. Este sistema se define como *semidúplex* o bien

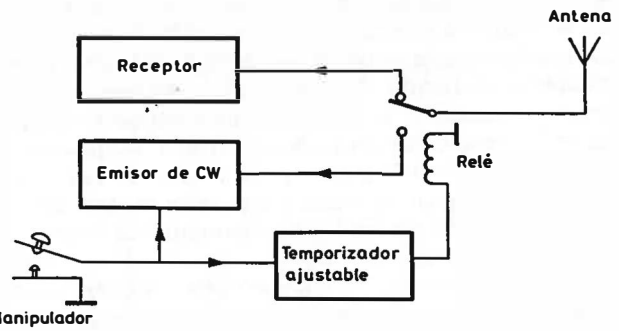



Figura 7.2 Diagrama de bloques del sistema de telegrafía «semi break in»

*semi break in*, y hace referencia a que el radioaficionado corresponsal no pueda interrumpirnos mientras estamos emitiendo, por el simple hecho de que mientras emitimos no le escuchamos, y aunque esto parezca un desatino, se puede de hecho escuchar al corresponsal. En la figura 7.2 se resume en bloques una instalación de telegrafía semidúplex.

Mientras emitimos, entre dos impulsos consecutivos tenemos un espacio en que la antena no está activada en emisión, en este corto intervalo la antena podría conectarse a un receptor y observar si el corresponsal nos dice algo. Naturalmente, un relé que fuera capaz de hacer o seguir los impulsos de manipulación haría mucho ruido y se desgastaría, pero podemos recurrir a un sistema de conmutación electrónica, por ejemplo mediante diodos. En estas condiciones, la energía del equipo transmisor pasa a la antena a través de diodos en antiparalelo, sólo se pierden 0,7 V de radiofrecuencia, y hace falta un par de diodos por cada 10 W aproximadamente, si se utilizan diodos 1N4148 o 1N914 o similares. Cuando el manipulador activa la emisión del transmisor, desactiva la recepción del receptor, ya que de lo contrario nos oiríamos a toda potencia por un receptor que tenemos al lado en lugar de estar a miles de kilómetros. Un pequeño circuito LC, o simplemente C, conecta la antena al receptor, mediante un par de diodos en antiparalelo. Al emitir, este par de diodos (figura 7.3) se vuelven conductores y el resultado es que incorporan la capacidad a la antena. Basta que en el diseño del filtro de salida se haya tenido en cuenta este valor, para que todo sea correcto. Esta forma de trabajar en telegrafía, que permite escuchar al corresponsal entre puntos, se denomina *dúplex*, o *break in total* (o en inglés Full Break In). Normalmente en esta modalidad el receptor acusa mucho ruido incluso en epocas de buena propagación, pero se puede escuchar la propia señal al dar la vuelta al mundo, y a veces varias veces, por lo que se recomienda que en esta modalidad sólo trabajen operadores de cierta experiencia y veteranía.

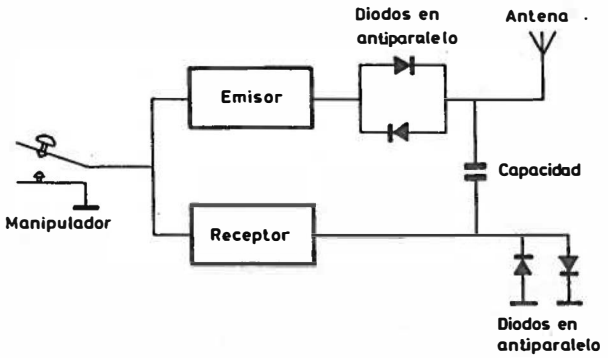



Figura 7.3 Diagrama de estación de telegrafía en dúplex total o «full break in»

Cuando se quiere escuchar una señal de telegrafía no se puede sintonizar la misma frecuencia que la de emisión, pues el sistema de recepción de una señal pura requiere el uso de un oscilador de batido. Si la frecuencia de emisión y la de recepción fueran idénticas, se produciría batido cero, y no se escucharía nada. Usualmente se efectúa un desplazamiento de unos 800 Hz, de forma que éste es el tono de audio que se recibe en el receptor, o mejor dicho, que se produce. Los transceptores incluyen este desplazamiento en forma automática, de manera que cuando se selecciona CW, las frecuencias, de emisión y recepción varían 800 Hz automáticamente; esto es más patente si el transceptor es con dial digital.

A pesar de ser la telegrafía la primera modalidad que se utilizó, no deja de tener ciertas ventajas respecto a otras modalidades. En primer lugar toda la señal lleva información; en otras modalidades la señal sólo lleva un veinticinco o un cincuenta por ciento de información, por ejemplo, en Amplitud Modulada (AM).

Esto se traduce en diversos aspectos: el ancho de banda ocupado es mínimo. No hay que caer en el error de pensar que por el hecho de ser una señal de radio pura, el ancho ocupado es sólo el que ocupe la inestabilidad del oscilador, es decir de unos pocos hercios. El ancho de banda es siempre proporcional a la cantidad de información por unidad de tiempo; así si emitiéramos 100 impulsos por segundo, el ancho de banda sería de 200 impulsos, que corresponderían a la frecuencia fundamental más 100 Hz y a la frecuencia fundamental menos 100 Hz, a no ser que utilizáramos (como se utiliza en la práctica) un filtro de cuarzo, que recortara cualquier frecuencia por debajo de la fundamental.

Debido al pequeño espacio ocupado, los sistemas de recepción pueden utilizar filtros de cuarzo tan estrechos como de 250 Hz, o menos, e incluso filtros activos de audio, que permiten anchos de menos de 50 Hz. Con ello se logra eliminar la recepción de estaciones próximas en frecuencia, y además mejorar notablemente la *relación señal/ruido*, característica muy importante para la sensibilidad de un receptor y la escucha de señales muy débiles. La seguridad de establecer contacto en telegrafía supera a la de todas las demás modalidades y por esto se exige la telegrafía como práctica ineludible para los radioaficionados en muchos países, mientras que en otros se estima que la existencia de codificadores automáticos de telegrafía, hacen innecesaria dicha práctica. Es un tema de controversia actual. Lo que sí es cierto es que, si alguien quiere construirse un equipo verdaderamente económico, la solución la hallará en el equipo de telegrafía.

En el capítulo 16 y en diversos manuales para radioaficionados se pueden encontrar algunas realizaciones de equipos para principiantes; de hecho las versiones más simples se basan en un receptor de conversión directa, un oscilador común y un manipulador. Hay quienes han construido su propio transceptor (incluidas las pilas de alimentación en una lata de sardinas) y con una emisión de algunos milivatios han logrado contactos a largas distancias; no es difícil con 100 mW hacer contactos a escala mundial, por ejemplo, entre España y Japón. Cuando se utilizan potencias inferiores a 10 W, los equipos se denominan QRP o de baja potencia. Por diversos motivos tales como, por ejemplo, causar menos perturbaciones en las instalaciones de otros radioaficionados, a la de televisión, etc., muchos radioaficionados prefieren trabajar en estas condiciones. Además de menor consumo, los equipos son menos costosos, incluso más pequeños y a pesar de ello pueden equipararse a otros equipos de mayor potencia, si el sistema de antena se mejora poniendo, por ejemplo, una antena directiva. Si uno se hace en casa su propio transceptor QRP de telegrafía, puede obtener un equipo muy pequeño y portátil, lo que puede interesar al radioaficionado excursionista.

Cuando pulsamos el manipulador de telegrafía, es necesario que nos oigamos a nosotros mismos para saber que pulsamos bien. Para ello, los transceptores de telegrafía incluyen el monitor de tono lateral, que no es más que un simple oscilador de audio activado directamente por el manipulador.

Dado que un emisor de telegrafía no es más que un oscilador de radiofrecuencia que puede ser activado directamente por el manipulador, además de los circuitos descritos en el capítulo 16 «Equipos para principiantes», en las figuras 7.4, 7.5 y 7.6 detallamos los esquemas de osciladores a cristal de cuarzo trabajando en la fundamental y con componente activo consistente, respectivamente, en un transistor, un FET, y un MOSFET. Estos osciladores son altamente estables, pero es preferible añadir un separador

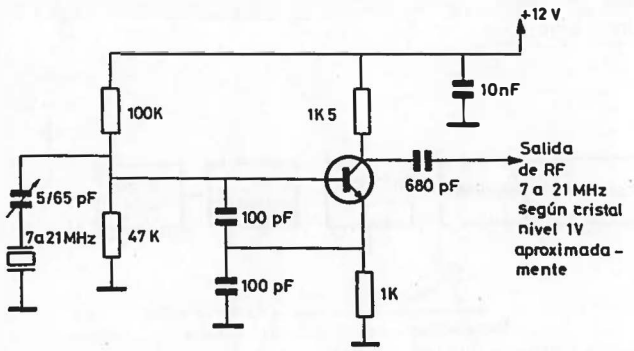



Figura 7.4 Oscilador a cristal. Para trabajar en frecuencia fundamental de 7 a 21 MHz según cristal utilizado. El transistor utilizado puede ser el 2N222, 2N5179, BF115, y cualquiera NPN que trabaje en RF

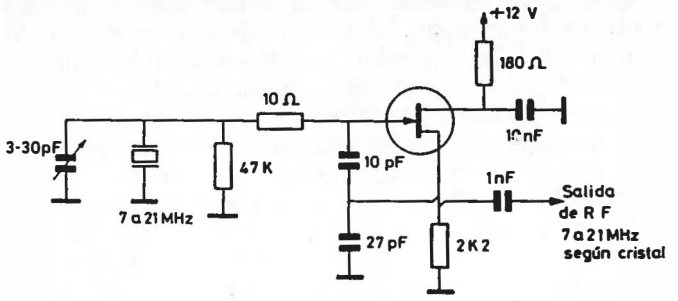



Figura 7.5 Oscilador a cristal con FET. También para trabajar en frecuencia fundamental de 7 a 21 MHz. Los FET pueden ser 2N3819, BF245, MPF102, etcétera.

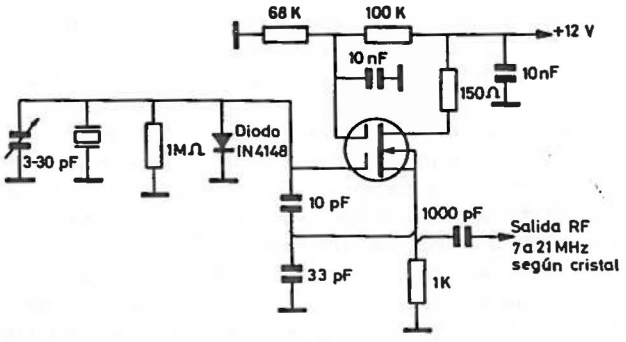



Figura 7.6 Oscilador con FET MOS. Frecuencia del cristal fundamental de 7 a 21 MHz; FET MOS 40673, MPF121, 3N200, etc.

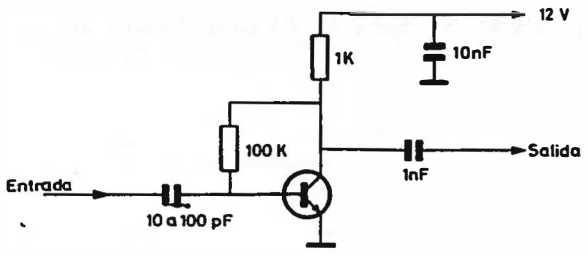



Figura 7.7 Separador. Se requiere filtrado de armónicos si la señal debe aplicarse a la antena o a un mezclador. Pueden utilizarse BF115, 2N2222, 2N3866, según necesidades de amplificación, potencia, etc.

como el detallado en la figura 7.7, el cual podría ser manipulado cortando simplemente su alimentación, añadiendo un filtro a bobina y capacidad y atacando a una antena con muy baja potencia (de 0 a 100 mW).

En caso de desear más potencia serían necesarios nuevos pasos o amplificadores, así como un acoplamiento a la antena con filtros muy cuidados para evitar espurias y señales armónicas.

En la figura 7.8*a* se detalla la forma de señal obtenida por el cierre del manipulador de telegrafía, y en la figura 7.8*b* los trenes de impulsos que se obtienen en la antena. Debe tenerse especial cuidado para no sobrepasar la excitación del paso final; si se entrega más potencia al paso final de la que necesita para obtener la potencia nominal del transistor o válvula que constituyen el paso final, entonces se produce la saturación del mismo. La señal de salida ya no es senoidal, sino recortada, como puede apreciarse en la figura 7.9.

Cuando se produce una señal de tipo cuadrado, se crean armónicos y señales espurias a la vez. En la mayoría de los transceptores comerciales, en telegrafía, la excitación del paso final es regulable por el mando denominado «carrier», o «driver», de los que no existe traducción satisfactoria en castellano. Cuando se producen interferencias en televisión, radio, o incluso el ancho de banda ocupado por la emisión de telegrafía es muy amplia, con acompañamiento de salpicados («barbas») bastará reducir la excitación hasta que el defecto desaparezca.

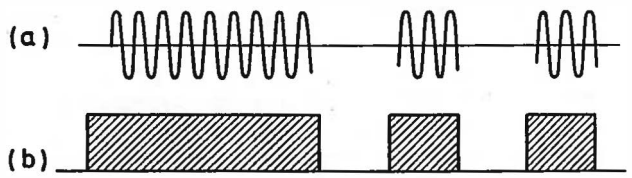



Figura 7.8 Señal de telegrafía. *a*) es la señal de RF que aparece en la antena; *b*) señal de cierre de los contactos del manipulador

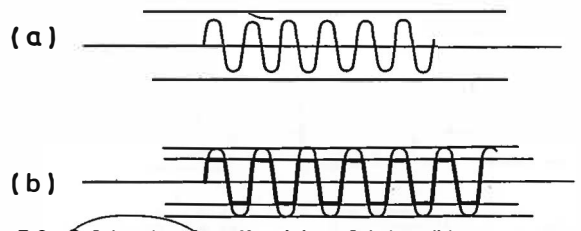



Figura 7.9 Señales de telegrafía. *a*) la señal de salida es correcta. No se alcanza el tope de potencia del paso final. *b*) se sobrepasa el punto de máxima potencia, por lo que la señal queda recortada. La salida de RF corresponde a la línea gruesa

Hasta ahora hemos hecho mención de que una estación emisora de telegrafía en esencia no es más que un oscilador de radiofrecuencia que se activa por el manipulador. La forma más estable de realizar un oscilador de radiofrecuencia es por medio de un cristal de cuarzo, pero esto sólo permite trabajar en una sola frecuencia fija; para trabajar en varias frecuencias hacen falta varios cristales, lo cual encarece el costo del equipo y obliga a poner un conmutador o a cambiarlo cada vez en un zócalo enchufable.

Por ello, la solución consiste en disponer de un oscilador variable. Es fácil realizar un oscilador variable estable adecuado para telegrafía, hasta 8 o 10 MHz; cuando menor sea la frecuencia, por ejemplo 3,5 MHz, el oscilador resultará más estable que a 7 MHz. La estabilidad dependerá de la estabilidad de tensión de alimentación y de la estabilidad de la temperatura ambiental.

Existen circuitos integrados especiales reguladores de tensión, que estabilizan la tensión con alta precisión; por ejemplo, los reguladores de la serie 7800 permiten entregar tensiones de 5 o 8 V, adecuados para tales fines. En cuanto a la estabilidad por temperatura hay que hacer varias consideraciones:

Se construye el oscilador variable (OFV) dentro de una caja metálica de paredes rígidas. Cuanto más gruesas sean las paredes, mejor será el resultado, pues no existirán variaciones por deformaciones mecánicas, mientras que la variación de frecuencia por deriva térmica será más lenta. Todavía se pueden mejorar resultados si se rodea la caja del OFV con material aislante al calor.

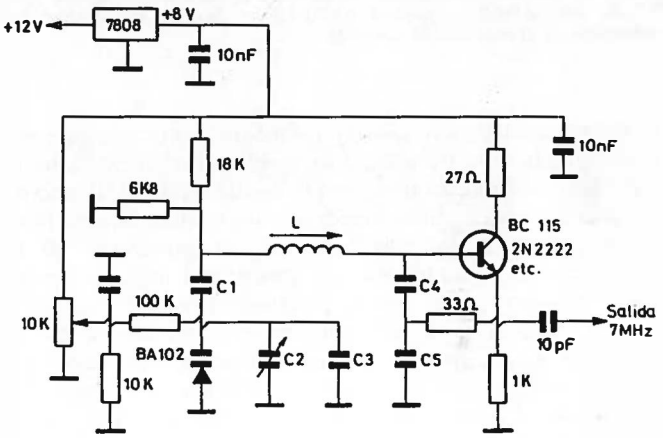



Figura 7.10 Oscilador variable. C1 = C4 = C5 = 1.000 pF, C2 = 5/65 pF C3 = 68 pF L = 30 espiras hilo 0,3 mm esmaltado sobre forma 6 mm Ø con núcleo de ferrita ajustable. Puede llevar blindaje

Un sencillo OFV es el representado en la figura 7-10, que utiliza un diodo varicap (es decir, de capacidad variable); su capacidad varía con la tensión, por lo que el mando de sintonía será un simple potenciómetro, que puede ser sencillo, o multivuelta e incluso con indicador numérico incorporado (Beckman, o Burns).

Los condensadores $C_1$ a $C_5$ deben ser de mica plateada, o estiroflex (si aquéllos se están dejando de fabricar) o bien condensadores cerámicos de coeficiente nulo. Si se observa que al aumentar la temperatura la frecuencia varía, pueden colocarse condensadores cerámicos de coeficiente negativo y de pequeño valor, hasta lograr que con variaciones importantes de temperatura, la excursión de frecuencia sea pequeña.

Una vez montado el OFV es aconsejable someterlo a un sistema de envejecimiento artificial, consistente en cambios

de temperatura rápidos. Un sistema casero consiste en poner el OFV en el congelador doméstico unos minutos y luego delante de una estufa o un secador de cabello, varias veces consecutivas.

Cuando la frecuencia que se desea utilizar es superior a 10 MHz, será recomendable realizar un oscilador variable heterodino, consistente en un oscilador de cuarzo de frecuencia fija y luego hacer un oscilador variable; sumar las dos señales en un mezclador que tendrá un filtro de paso de banda, de forma que sólo se obtenga la señal de mezcla. Un diagrama así sería el de la figura 7.11, la señal de salida debe amplificarse pues es débil, del orden de 10 mW, pero en cambio sería estable y se podría variar a voluntad.

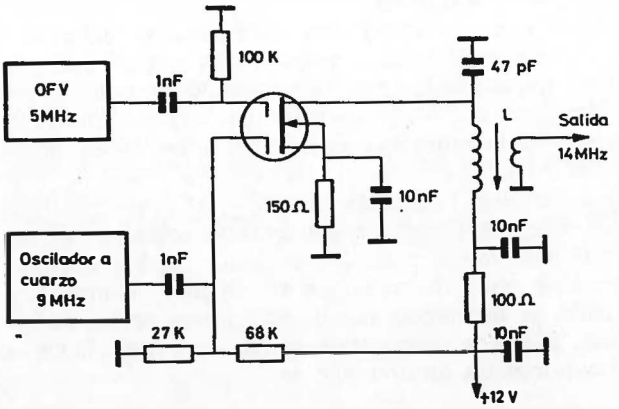



Figura 7.11 Oscilador heterodino. El FET MOS de doble puerta puede ser el 40673. La bobina tendrá 16 espiras de hilo 0,3 mm de cobre esmaltado sobre forma de 6 mm Ø con núcleo ajustable

Para la construcción de un transceptor completo, sería imprescindible una más extensa descripción de circuitería electrónica, además de que para la realización del mismo se precisaría un costoso laboratorio de electrónica. En este libro sólo se pretende dar una idea de los principios de la radioafición en forma global, y por tanto tal descripción no corresponde al propósito de este manual. Conviene saber no obstante, que para el radioaficionado entusiasta de la electrónica y que posee algunos conocimientos teóricos, puede ser entretenido e incluso provechoso el montaje y la experimentación de ciertos circuitos. Por ejemplo, si se dispone de un receptor con oscilador de batido, es decir capaz de sintonizar estaciones de telegrafía, es posible construir un pequeño transmisor de telegrafía, con la información que damos en el capítulo 16. Un pequeño emisor de telegrafía puede producir muchas horas de esparcimiento y satisfacción, tanto durante la fase de montaje, como con los contactos radioeléctricos que se puedan realizar.

## 7.4 EMISION EN AMPLITUD MODULADA

La emisión en amplitud modulada (AM) sigue cronológicamente a la invención de la telegrafía sin hilos. Los primeros equipos de telegrafía producían la señal de radiofrecuencia a partir de un arco eléctrico, pero las descargas producían gran cantidad de armónicos, espurias y el ancho de banda ocupado era enorme. Hay que pensar que este sistema podía compararse a las señales que producen las descargas eléctricas en una tormenta.

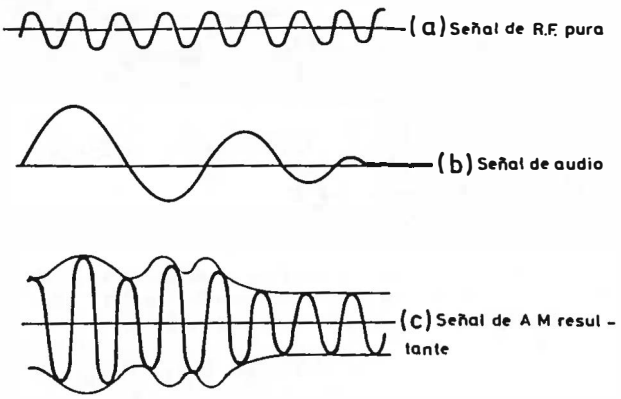



Figura 7.12 Señal de amplitud modulada. Curvas de RF y de audio; la resultante de ambas es la señal de AM

Hasta el descubrimiento de la válvula triodo no fue posible obtener una señal estable de radiofrecuencia y con ello modular la señal en amplitud, naciendo así la denominada modalidad de transmisión *Amplitud Modulada* (AM).

Como la misma denominación expresa en esta modalidad se producen variaciones de la amplitud de la señal transmitida; esto quiere decir que la potencia de emisión varía continuamente al ritmo de la modulación. La figura 7.12 representa: en *a*) una onda senoidal de RF; en *b*) una señal procedente de un micrófono y en *c*) la señal modulada en amplitud resultante.

Una de las formas de obtener una señal de amplitud modulada consiste en variar la tensión de alimentación del paso o etapa final al ritmo de la señal de audio, es decir de la voz. En la figura 7.13 se detalla el diagrama de bloques de una emisora de AM.

Es muy importante definir y considerar el llamado *porcentaje de modulación*. Supongamos que tenemos en el paso final 100 W de radiofrecuencia; según variemos la tensión del paso final, la potencia aumentará o disminuirá, de forma que si el amplificador de potencia de audio es de parecida potencia al paso final de RF se puede producir un aumento de potencia de hasta casi 100 W más (siempre en el supuesto de que el paso final sea capaz de darlos). En este caso el porcentaje de modulación sería del 100 %. En el caso de que el amplificador de audio diera cero vatios (o estuviera roto) el porcentaje de modulación sería de cero. Parece lógico que lo más deseable es que el porcentaje de modulación sea del 100 %, pero entonces sucedería que en algunos momentos la potencia sería nula o casi nula, y por lo tanto el alcance sería muy pequeño. Si, por el contrario, la modulación no alcanza ni el 5 %, la señal llegará lejos, pero al ser pequeño el contenido de información, cualquier perturbación o interferencia de pequeña intensidad será suficiente para que no pueda entenderse la modulación.

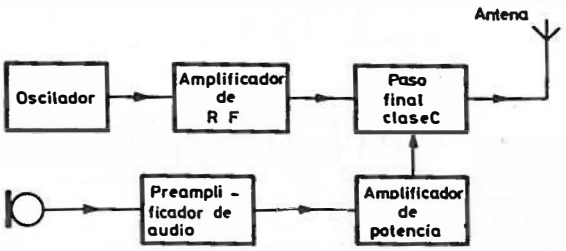
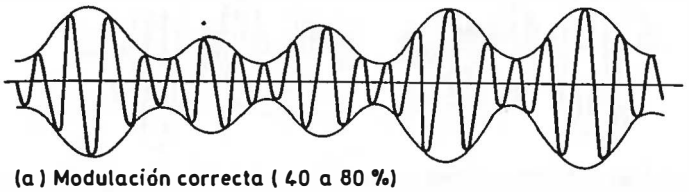
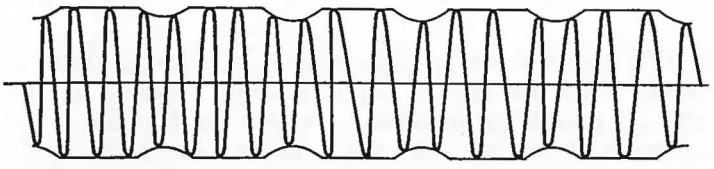



Figura 7.13 Diagrama de bloques de una emisora de amplitud modulada

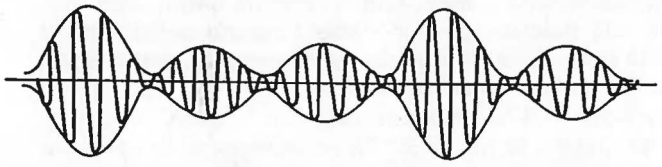
Obsérvense en la figura 7.14 algunas señales de amplitud modulada. Una señal correcta puede ser la *a*) una modulación del 40 al 80 % puede ser satisfactoria. En *b*) se muestra una señal saturada, lo que quiere decir que el paso final no es capaz de entregar más potencia y por tanto debería reducirse la potencia de excitación. En *c*) se ve una señal que se modula al 100 %; y por el contrario, en *d*) existe una señal insuficiente con un porcentaje de modulación de sólo el 5 %.



(a) Modulación correcta (40 a 80 %)



(b) Modulación saturada



(c) Modulación del 100%

(d) Modulación insuficiente de un 5 %

Figura 7.14 Diversas señales comparativas de amplitud modulada

En la figura 7.15 se recogen varios esquemas básicos de sistemas de modulación. En la figura 7.15*a* un amplificador de audio entrega su potencia a un transformador o «driver», en cuyo secundario se suma la tensión de alimentación de 12 V con la del amplificador de audio. La tensión compuesta ataca al paso final que entrega 10 W sin modular, pero que al hablar delante del micrófono entregará, por ejemplo, 17 W.

En la figura 7.15*b* se omite el transformador y se hace variar la tensión de alimentación; en este caso y con los mismos componentes, la potencia variaría de 6 a 10 W por ejemplo.

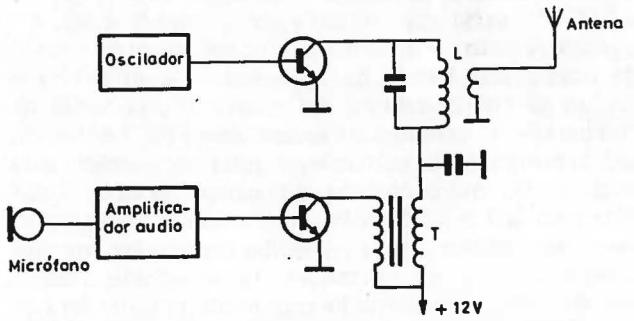
Finalmente en la figura 7.15*c* la modulación es negativa. Cuando se habla hay una caída de tensión en la inductancia A, por lo que la potencia variaría de 10 a 6 W, por ejemplo. Mientras no se produzcan distorsiones, saturaciones, etc. son correctas tanto la modulación negativa como la positiva, aunque tradicionalmente se haya preferido la positiva.

Cuando se trabaja con transistores y no con válvulas, no es posible obtener porcentajes de modulación satisfactorios si sólo se modula el paso final. En general se acostumbra a modular los pasos finales conjuntamente con el excitador. En los «walkie-talkie» sencillos se modula incluso el oscilador a cuarzo.

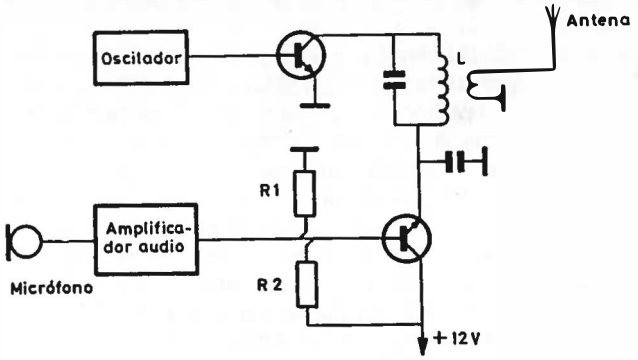
Durante muchos años, hasta el año 1960 aproximadamente, la amplitud modulada fue la única modalidad de emisión de voz o fonía utilizada por los radioaficionados, sobre todo en largas distancias. A partir de entonces la banda lateral (BL), desplazó rápidamente a aquella modalidad.

La principal ventaja de la amplitud modulada es su sencillez constructiva, lo cual ha hecho posible durante algunas décadas que los radioaficionados montaran sus propios equipos. Es sabido que los componentes de una estación de AM no diferían del material utilizado en receptores de radio y amplificadores de baja frecuencia; el material era común, su precio bajo, y no se requería mucho instrumental de laboratorio para calibraciones y medidas.

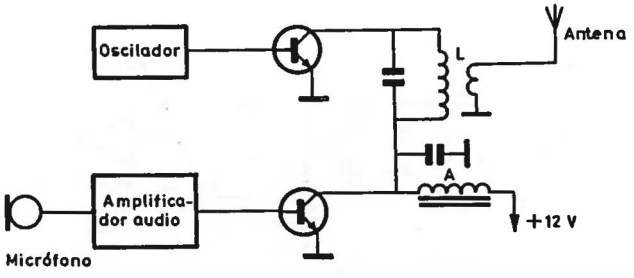
No obstante, el gran número de radioaficionados que existen en la actualidad y que aumentan cada día, producen verdaderas congestiones en las bandas decamétricas, por




(a) Emisora básica de AM con modulación por transformador "DRIVER"; modulación positiva




(b) Emisora de AM con modulación por componente activo; modulación negativa




(c) Emisora básica de AM con modulación por choque; modulación negativa

Figura 7.15 Diagramas básicos de moduladores de AM.

ejemplo, ya que en amplitud modulada se ocupa un ancho de banda mínimo de 6 kHz, por lo que con unas pocas estaciones se ocupa toda una banda.

No es extraño, pues, que estuviera en la mente de todos la idea de experimentar algún sistema para reducir el ancho de banda, para lo cual se tuvo que luchar bastante; el resultado fue la sustitución de la amplitud modulada por la banda lateral. Sin embargo, aún no se ha llegado al final; el ancho de la banda lateral es de unos 2,7 kHz, y se está investigando la forma de reducir este ancho para que las bandas sean más útiles. Por el momento no se ha generalizado ningún sistema que mejore notablemente este ancho de banda.

## 7.5 EMISION EN BANDA LATERAL

La emisión en banda lateral (BL) no es más que una modificación de la emisión en amplitud modulada, la cual consideramos como una señal de radiofrecuencia modulada en amplitud cuyo ancho de banda es de unos 6 kHz. La razón de esta anchura de banda es la siguiente: si la señal de audio que contiene la principal información va de 0 a 3 kHz y con ella modulamos una señal de radiofrecuencia de, por ejemplo, 7 MHz, obtendremos una señal compuesta que irá de 7 a 7,003 MHz (la señal suma) y otra que irá de 6,997 a 7 MHz (la señal resta). Por tanto, se encontrará que la señal emitida ocupa una banda de aproximadamente 6 kHz y cuando no se habla delante del micrófono, la señal de radiofrecuencia o portadora es exactamente de 7 MHz. En realidad, la portadora no contiene ninguna información, esta información sólo está contenida en la señal que va de 6,997 a 7 MHz y en la 7 a 7,003 MHz. La portadora no es, pues, necesaria, pero si el receptor no recibe las bandas laterales conjuntamente con la portadora, la recepción resulta ininteligible. Esto se subsana incorporando la portadora en el receptor (es lo que se llama *señal de batido*) que se introduce en el detector, el cual, por recibir la mezcla de la señal recibida y la de un batido propio, se denomina *detector de producto.*

Uno de los sistemas más simples de suprimir la portadora es la que se detalla en la figura 7.16. La señal de RF se divide a través de un potenciómetro en dos tensiones iguales que van por los brazos A y B en los que existe un anillo de diodos. Cuando se habla ante el micrófono, la señal preamplificada hace conducir a los diodos según las alternancias positivas y negativas de la señal de audio, de acuerdo con la amplitud y la frecuencia de la señal. A consecuencia de ello aparece en la bobina una señal de *doble banda lateral*. Cuando no se hable por el micrófono, ninguna señal aparecerá en la bobina, puesto que la radiofrecuencia llega a la bobina con el mismo valor, pero cuando se hable por el micrófono, las alternancias de la señal de audio harán que los diodos contiguos al brazo A, o

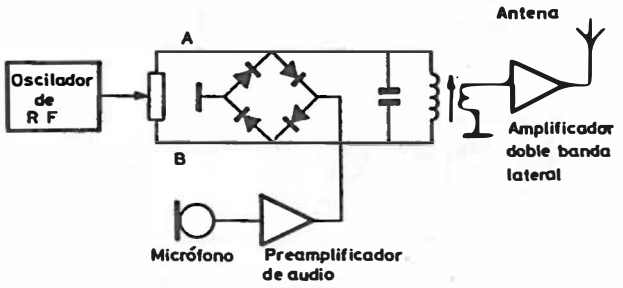



Figura 7.16 Emisora de doble banda lateral. Diagrama básico

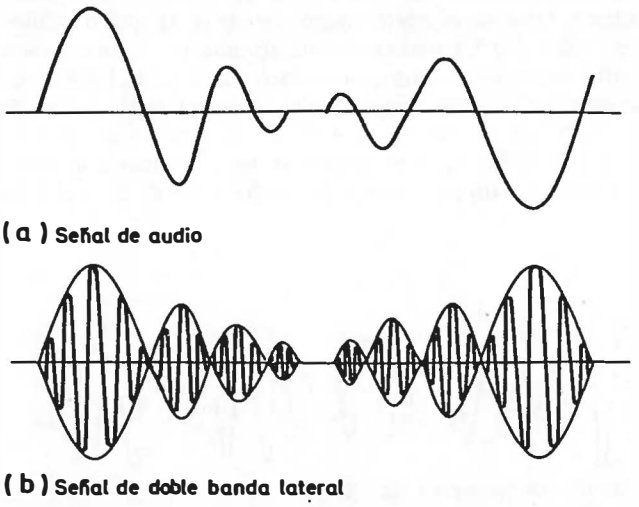



Figura 7.17 Señal de emisión en doble banda lateral con portadora suprimida.

al brazo B (según alternancias positivas o negativas de dicha señal de audio) conduzcan, y por lo tanto el puente de diodos se desequilibra, quedando un extremo de la bobina a masa, mientras que por el otro le llega radiofrecuencia. El resultado es que aparece la suma y la diferencia de la señal de audio con la señal de radiofrecuencia, pero no aparece ya la señal de radiofrecuencia o portadora; la hemos suprimido. Si no se habla ante el micrófono, el puente o modulador de diodos está balanceado y no sale ninguna señal; por el contrario si se habla, el modulador balanceado proporciona la señal de *doble banda lateral.*

En la figura 7.17*a* se puede observar la señal de audio, mientras que en la figura 7.17*b* se representa la señal de doble banda lateral. Obsérvese que en ausencia de señal de audio, desaparece la portadora o señal de RF y que la amplitud de la señal es proporcional a la señal de audio, por lo que las señales de banda lateral no dejan de ser un caso especial de amplitud modulada.

Durante algún tiempo, algunas estaciones operaron con doble banda lateral. ¿Qué ventajas encontraban? Dos en esencia: En primer lugar, si el paso final del equipo podía entregar 100 W en AM esto porque como máximo había 50 W de portadora y otros 50 W que se añadían al modular, con un porcentaje de modulación del 100 %. Esto quiere decir que en AM se gastaba por lo menos la mitad de la potencia en la portadora, la cual no lleva ninguna información.

Por el contrario, en doble banda lateral si salían del paso final 100 W, eran 100 W de información completa; por tanto suponía un alcance doble, o el mismo alcance utilizando la mitad de potencia. En segundo lugar, se vio que al requerir el uso de detector de producto en el receptor, la recepción mejoraba respecto a la de emisión de AM en algunos dB (algunos técnicos hablan de hasta 6 dB). En la figura 7.18 se

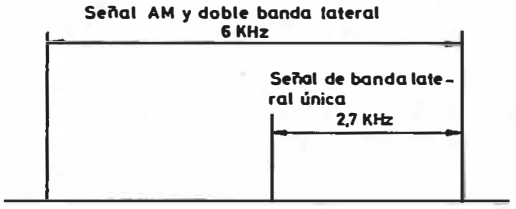



Figura 7.18. Amplitud comparativa del ancho de banda de las diferentes modalidades de AM, banda lateral única y doble banda lateral

ilustra el ancho de banda ocupado por una emisión de AM que coincide con la de doble banda lateral, y se compara con otra de banda lateral única mucho más estrecha.

## 7.6 BANDA LATERAL UNICA (BLU)

En un intento de reducir el ancho de banda ocupado por las emisiones de doble banda lateral, no inferiores a 6 kHz, exactamente igual que en la amplitud modulada, se idearon filtros de audio que recortaran la voz por debajo de una frecuencia. Pero por debajo de 2 kHz la voz suena muy impersonal, pierde matices y no resulta agradable de escuchar. Tanto en AM como en doble banda lateral, por ser la frecuencia de la señal emitida suma y diferencia de las frecuencias de la portadora y de la señal de audio, si ésta ocupa un espacio de 2 kHz, la señal de salida ocupara el doble, o sea 4 kHz, y esto para emitir en una banda un poco más estrecha y con una calidad discutible.

En materia de filtros se trabajó principalmente con el cuarzo, ya que estos cristales presentan frecuencias de resonancia muy determinadas debido a su alto factor de calidad «Q».

Con los cristales de cuarzo se hicieron filtros de paso de banda que, por ejemplo, dejaban pasar señales de radiofrecuencia de 9,000 MHz a 9,0027 MHz. Si este filtro se incorpora a la salida de la bobina del modulador balanceado de la figura 7.16, y se hace que el oscilador de RF entregue 9,000 MHz, la señal de salida después del filtro será de 9,000 a 9,0027 MHz; habremos anulado la banda lateral inferior y además limitado el audio a 2,7 kHz y por tanto el ancho de banda ocupado será tan sólo de 2,7 kHz. Tenemos pues la *Banda Lateral Unica* (BLU) y aunque hemos citado el ancho de banda de 2,7 kHz, algunos fabricantes de equipos comerciales la limitan a 2,4 kHz, y otros incluso a menos (1,8 kHz), aunque a este último ancho de banda hay que achacarle falta de naturalidad de la voz, por lo que resulta poco útil, a excepción de cuando existen fuertes interferencias adyacentes a la frecuencia. El uso del ancho de 1,8 kHz se limita la mayoría de veces a una opción de los transceptores dentro de sus posibilidades de rechazo de interferencias.

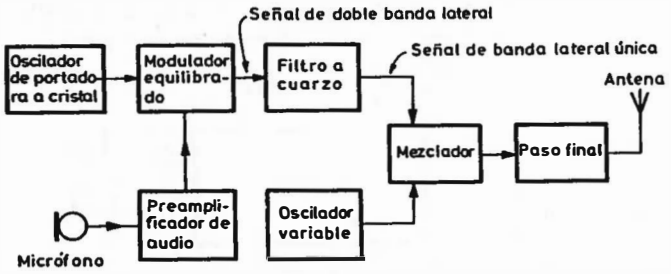



Figura 7.19 Diagrama de bloques de una emisora típica de banda lateral única

La figura 7.19 muestra el diagrama de bloques de una emisora típica de banda lateral única. No se hace trabajar el modulador balanceado a la frecuencia de emisión, sino que se utiliza una frecuencia fija, es decir un oscilador de cuarzo que está alineado con el filtro de cuarzo; la señal de banda lateral única se mezcla con una señal de oscilador variable. La resultante se amplifica y se lleva a la antena.

Cuando hablamos de banda lateral única, nos referimos a una señal con una sola banda lateral, sea la superior o la inferior. El que sea superior o inferior, dependerá de la banda en que trabajemos y será el resultado de que el cristal de cuarzo del oscilador de portadora esté alieado con la frecuencia límite superior o inferior del filtro de cuarzo. Por ello para cambiar de banda lateral superior a banda lateral inferior, suele conmutarse el cristal de cuarzo del oscilador o generador de portadora; la separación entre ambos cristales es de 2,7 kHz aproximadamente.

De la abreviación de Banda Lateral Unica, nace en castellano las siglas BLU, con las que se denomina esta modalidad. Y si es Banda Lateral Superior o Banda Lateral Inferior, se denomina BLS o bien BLI. Estos dos últimos términos son poco utilizados.

Se acepta internacionalmente utilizar las siglas del inglés, SSB para Single Side Band (Banda Lateral Unica), y USB o bien LSB para Upper Side Band o Lower Side Band (respectivamente Banda Lateral Superior y Banda Lateral Inferior).

¿Qué ventajas presenta la BLU, además del ancho de banda por el que tanto se ha luchado? Pues algo muy esencial: hemos visto que si el paso final era capaz de entregar 100 W en AM, en doble banda lateral el alcance o potencia útil con estos 100 W se doblaba. Ahora con la banda lateral única hacemos que toda la potencia contenga información, con lo que volvemos a doblar la potencia útil.

Aclararemos un poco este punto; en AM la potencia se repartía entre la portadora y las dos bandas laterales, digamos que un 50 % de la potencia era para la portadora, y un 25 % para cada banda lateral. En la doble banda lateral, la información está repetida, por lo que es inútil enviar dos bandas laterales, cuando una sola banda lateral puede contener toda la información. Así pues, ahora, con la banda lateral única, la señal lleva el 100 % de potencia.

Dicho en otros términos: una emisión de 100 W en AM equivaldría a una emisión de 200 W en doble banda lateral y de 400 W en banda lateral única.

Aún existe otra ventaja adicional, al ocupar menos ancho de banda, la recepción mejora la relación señal/ruido y por tanto, la recepción será mejor y estará menos interferida.

En cuanto a la emisión, constituye una gran ventaja el hecho de que la potencia de la señal de salida en banda lateral única es proporcional a la intensidad de la señal de audio del micrófono, por lo que cuando no se habla no existe salida de radiofrecuencia. Si se habla a un nivel muy bajo, la potencia de salida es baja; si se habla fuerte, la potencia de salida es alta; entre palabras no sale potencia. Esto permite que el paso final trabaje muy descansadamente y que los valores nominales de las fuentes de alimentación puedan reducirse a la tercera parte de los correspondientes a las diseñadas para servicio en AM, es decir para un servicio de potencia constante.

Cuando se desee que la emisión de banda lateral única tenga un gran alcance, la señal de audio debe preamplificarse y recortarse. La señal de audio preamplificada debe recortarse a un cierto nivel, de lo contrario se saturaría el paso final y se producirían salpicaduras, «barbas» y señales espurias.

Existen procesadores de voz muy adecuados para banda lateral llamados compresores, siendo ajustable el nivel de compresión de la voz. Cuando la compresión alcanza valores altos, las estaciones próximas a la que está emitiendo reciben la señal distorsionada, pero en cambio las estaciones muy lejanas la reciben bien. Por esto los compresores sólo suelen utilizarse para hacer contactos a larga distancia o «DX».

Para los aficionados a los montajes electrónicos vamos a dar algunos detalles circuitales. La figura 7.20 indica varias

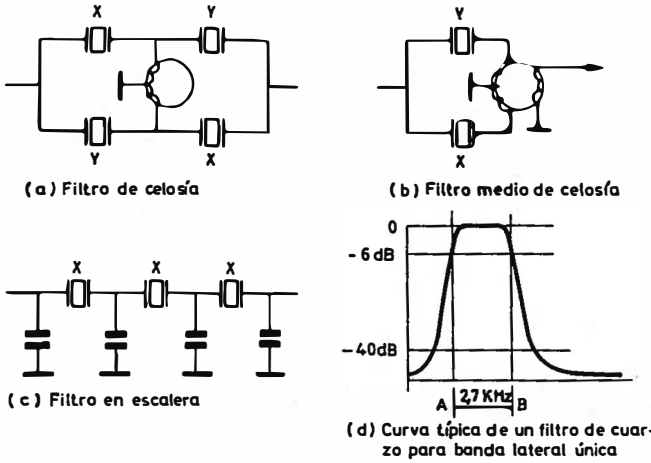



Figura 7.20 Filtros de cuarzo y su curva característica

formas constructivas de filtros de cuarzo. En *a*) se representa un filtro de celosía de 4 polos, que es de los más utilizados, pudiendo asociarse varios filtros en serie para tener un *factor de forma* mejor. El factor de forma de un filtro está relacionada con las pendientes y es más elevado cuanto más verticales son estas bajadas. Así un filtro de 8 polos será mejor que uno de 4. El ancho de banda vendrá determinado por la diferencia entre las frecuencias de resonancia de los cristales X e Y. Hay que tener en cuenta que la frecuencia de resonancia no es la misma que la de oscilación, detalle que queda reflejado en la figura 7.21.

Volviendo a la figura 7.20*b*, un filtro de celosía puede proporcionar casi 30 dB de atenuación de la banda lateral no deseada, siempre que la actividad y capacidad residual de los cristales X e Y sean similares; el filtro de la figura 7.20*a* podría dar algo más de 40 dB.

En la figura 7.20*b* se indica un filtro tipo escalera con cristales de la misma frecuencia. Las capacidades bajan el Q o factor de calidad de los cristales y ensanchan su estrechísima banda de paso determinado por su resonancia; por otro lado los condensadores derivan a masa las indeseables capacidades residuales de los cristales, ya que de no hacerlo así, la entrada y salida estarían unidos por un pequeño condensador equivalente a la suma de las capacidades residuales de los cristales.

Obsérvese que en el filtro de celosía la capacidad residual se anula por la simetría de construcción. Así en la figura 7.20*b* la señal llega a la bobina toroidal a través de los cristales X e Y; si ambas capacidades son iguales, la señal se anula, por lo que sólo pasarán por X o por Y según las frecuencias se acerquen o sobrepasen a las frecuencias de resonancia de dichos cristales.

Para calcular la frecuencia de resonancia de un cristal puede utilizarse el montaje instrumental de la figura 7.21. Con el oscilador variable se desplaza la frecuencia hasta que el voltímetro de RF (u osciloscopio adecuado para RF) indique el valor máximo. El cristal de cuarzo presenta en su frecuencia de resonancia una resistencia de unos 30 Ω o menos, mientras que en las demás frecuencias se comporta como un aislante; sólo su capacidad residual (de unos pocos picofaradios) dejaría pasar señales de RF fuera de la de resonancia, por lo que se han conectado las resistencias a masa, que derivan la capacidad parásita.

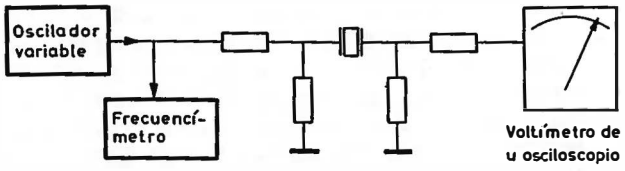
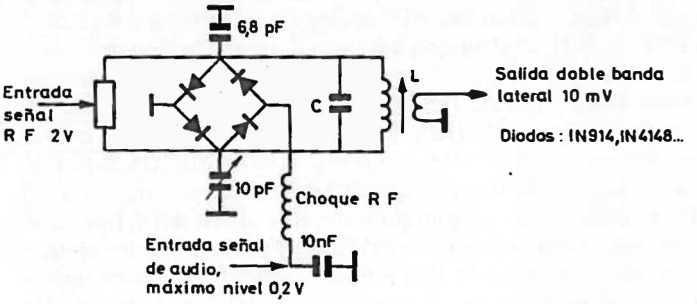



Figura 7.21 Método instrumental para seleccionar cristales de cuarzo para confeccionar filtros de cuarzo de banda lateral única

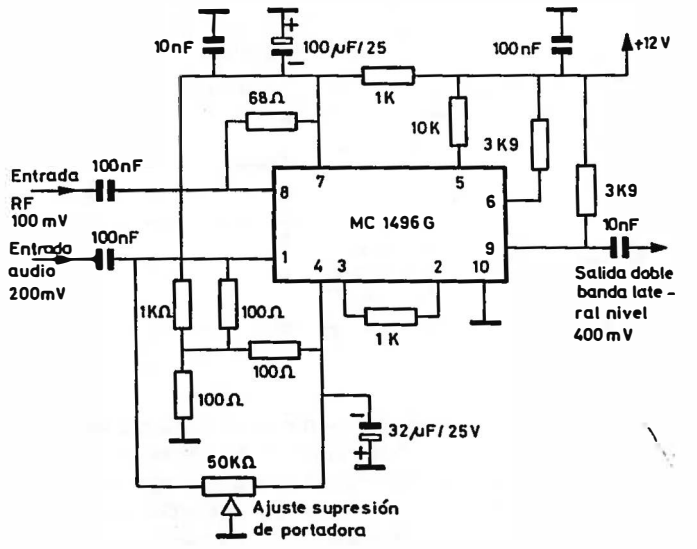
La alineación del cristal de cuarzo con el filtro de cuarzo es algo delicada especialmente si uno mismo se confecciona el filtro. Si no se dispone de gran instrumental de laboratorio, puede ser adecuado el adquirir un filtro de cuarzo ya fabricado. La firma alemana KVG fabrica varios tipos de filtros para radioaficionado: filtro con los cristales para generar portadora, para banda lateral superior e inferior, etc. A título orientativo, diremos que un filtro comercial, norteamericano, japonés o alemán, puede tener un coste promedio de unas 7.000 pesetas, lo que sin duda constituye el elemento más costoso de la estación de banda lateral única.

En cuanto al modulador balanceado, hay muchas formas de realizarlo; la más simple es la del anillo de diodos (figura 7.22*a*). Para la completa supresión de portadora son precisos ajustes del potenciómetro y del trimer. Se requiere una señal elevada de RF obteniéndose unos pocos milivatios de salida, que será necesario amplificar.

En la figura 7.22*b* se describe un circuito de modulador balanceado que utiliza el circuito integrado MC1496 G,




(a) Modulador equilibrado de diodos en anillo.




(b) Modulador equilibrado con circuito integrado especial MC 1496 G

Figura 7.22 Dos ejemplos de moduladores balanceados. La ventaja del *b*) sobre el *a*) es la facilidad de ajuste de supresión de portadora, y el nivel de salida más alto

adoptado por la mayoría de fabricantes de equipos comerciales; el radioaficionado también puede utilizarlo. Requiere bastantes componentes, pero el resultado es excepcional. A la entrada de RF es suficiente una señal de 100 mV aproximadamente; cuando la señal de audio es de 200 mV en la salida se obtienen señales de hasta 400 mV, que pueden atacar directamente a un filtro de cuarzo y después al mezclador de emisión sin ningún paso intermedio. La supresión de portadora es excelente y sólo se requiere un ajuste único por potenciómetro.

Una vez disponemos de algunos milivatios en banda lateral única y en la frecuencia que debemos trabajar, para entregar potencia a la antena y asegurar la comunicación será preciso disponer de amplificación, lo que equivale a decir que la forma de la señal que sale del amplificador, debe ser igual que la de la señal de entrada. Por esto los amplificadores normales de BLU deben trabajar en clase A y para conseguir elevadas potencias en clase B, pero nunca en clase C.

En la figura 7.23 se estudian los tres casos: en *a*), el transistor está fuertemente polarizado (hay 6 V en la base), por lo cual el transistor tiene una corriente de reposo limitada por la resistencia de emisor. Si introducimos una señal alterna de RF en la base, la tensión en la misma variará de +2 a −2 V si la señal de RF es de 4 V, y la intensidad del colector pasará por ejemplo de 100 mA a 400 mA reproduciendo la señal de entrada, aunque amplificada. Cuando se trata de pasar de unos pocos milivatios a fracciones de vatio, debe trabajarse así, limitándose la intensidad de corriente por resistencias en el emisor al objeto de que la intensidad no sea excesiva en los transistores y no pueda destruirlos por exceso de calor.

Si se desea conseguir una potencia de varios vatios no es posible trabajar en clase A, puesto que la intensidad de reposo podría elevarse varios amperios, lo que supondría una inútil pérdida de potencia en calor. Para el paso final y el excitador se acostumbra a utilizar un amplificador en clase B con una cierta polarización. Obsérvese en la figura 7.23*b* como la base, a través de un choque de radiofrecuencia, tiene 0,6 V de tensión, dados por el diodo en conducción directa. Usualmente este diodo se monta muy próximo al transistor para evitar el embalamiento térmico. La señal de salida es sólo la mitad de la senoide. En los amplificadores con transformadores toroidales, se suelen utilizar transistores conectados en push-pull o contrafase, es decir un transistor para amplificar las alternancias positivas y otro para las negativas; de esta forma se obtiene por un lado una señal senoidal en la salida y por otra la potencia es el doble. Con el montaje en push-pull se eliminan los armónicos pares, mientras que el filtro de salida debe cuidar sólo de las frecuencias superiores al tercer armónico.

Finalmente, en la figura 7.23*c* se puede apreciar un transistor totalmente desprovisto de tensión de polarización. La base está conectada a masa a través de un simple choque. Cuando las alternancias positivas de la señal de entrada llegan a 0,6 V, el transistor conduce y se obtiene una gran corriente en el colector. Fácilmente se producen espurias y «barbas» cuando se ataca un amplificador clase C con una señal de banda lateral única, ya que esta señal es por definición variable en potencia y por lo tanto al excitar un paso en clase C, que requiere una tensión constante de excitación o se satura el amplificador o en caso contrario no lo excitaremos. Por tanto la voz saldrá entrecortada, distorsionada y cargada de espurias y «barbas».

Un transmisor de BLU puede incorporar un sistema de protección del paso final, no sólo para que no se destruya en caso de rotura de la antena, sino incluso para conseguir que si aumentan las ondas estacionarias, o exista demasiada excitación, se reduzca automáticamente la potencia.

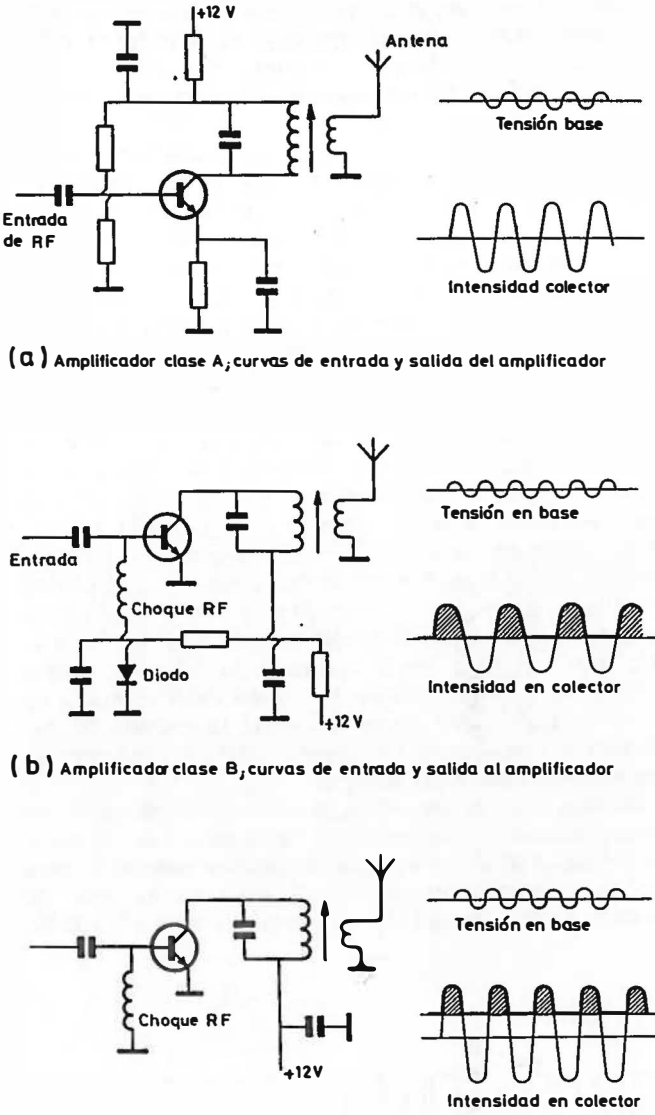



Figura 7.23 Circuitos básicos de amplificadores de radiofrecuencia, clases A, B, C y sus curvas correspondientes

Se ha adoptado universalmente las siglas ALC para este dispositivo, que son las siglas de la denominación en inglés «Automatic Level Control» (Control Automático de Nivel).

Los circuitos electrónicos de ALC se han ido haciendo cada vez más complejos, ya que para proteger el paso final tienen en cuenta: la tensión de alimentación, la relación de ondas estacionarias (ROE) que presenta la antena, la temperatura del paso final, la señal de excitación, etc.

Cuando existe un indicador de ALC se le suele marcar un segmento verde, que es la zona en que el paso final trabaja con seguridad, y otra roja en la que las condiciones de trabajo son anormales. Parece ser que el sistema no es todo lo automático que debiera ser, por lo que el operador de la estación debe atenerse a los manuales de instrucciones.

Cuando el indicador de ALC pasa a la zona roja, es muy posible que sea debido a que el paso final esté sobresaturado. Ello indica que estaremos produciendo espurias, «barbas», interferencias en TV, etc. Bastará reducir la ganancia

del micrófono para que la aguja se aleje de la zona roja. Esto es muy importante, ya que si detrás del transceptor se utiliza un amplificador lineal de una cierta potencia, por ejemplo de uno o dos kilovatios, las espurias se multiplican por 10 o por 20, lo que puede ser nefasto.

Un concepto a esclarecer al hablar de banda lateral única, es el de la potencia (expresada en vatios) que entrega un emisor de BLU a la antena. Mientras se transmitió en CW (telegrafía) o en AM (amplitud modulada), no existía conflicto; simples medidores intercalados entre el emisor y la antena indicaban los vatios aproximados de salida del equipo. No había ni la más pequeña duda. Actualmente con la BLU existe una tremenda confusión.

Supongamos que un radioaficionado se gasta 140.000 pesetas en un transceptor de bandas decamétricas; sus amigos le han convencido de que obtendrá casi 200 W de salida. Si lo conecta e intercala un medidor de potencia entre el emisor y la antena, pueden ocurrir dos cosas: si no habla ante el micrófono, la aguja indicará cero; si habla normalmente, la aguja del vatímetro dará saltos que irán de cero a 40 W. Si en un momento dado produce un silbido penetrante, la aguja del indicador llegará a 90 W. Esto tiene su explicación en las características del emisor. Es muy posible que en éste haya la indicación «Input Power SSB = 200 W», lo que traducido quiere decir: Entrada de potencia en BLU = 200 vatios. Es decir, la entrada de potencia máxima en el paso final será de 200 W, teniendo en cuenta el rendimiento del equipo.

En nuestro caso, el paso final, recibe 200 W de corriente continua, el rendimiento promedio suele ser del 50 %, por lo que entregará 100 W de energía de radiofrecuencia, y otros 100 W se transformarán en calor. Si el emisor es capaz de emitir en telegrafía (o portadora continua) entregaría 100 W, tal es el caso de la figura 7.24*a*. Cuando lo ponemos en BLU y hablamos normalmente, la potencia oscila entre 0, 10, 40, 90 W (figura 7.24*b*), aunque la aguja del vatímetro tiene mucha inercia y sólo marcará promedios, oscilando continuamente entre 0 y 40 W. En realidad hay momentos en que la potencia es de 90 W, como puede verse sobre la curva, pero el promedio es mucho más bajo. En realidad el vatímetro indica potencia media instantánea.

Algunos radioaficionados y en especial principiantes, creen que si no emiten con la máxima potencia del equipo, no llegarán muy lejos. Deberían tener presente el dibujo de la figura 7.24*b* y darse cuenta que cuando el vatímetro está indicando 20 o 30 W en realidad hay momentos que «salen» con 90 W. El error consiste en poner preamplificadores al micrófono, para que aumente la señal de salida. Esto se logra pero a base de saturar el paso final, produciendo señales indeseables de espurias y calentando mucho más el paso final y la fuente de alimentación de potencia.

La potencia puede aumentarse razonablemente con un compresor, como se ha dicho al principio de este capítulo, pero si se abusa de la compresión, el paso final puede destruirse por recalentamiento y por sobrepasar los valores de potencia y disipación previstos por el fabricante.

Al silbar delante del micrófono (figura 7.24*c*), se obtienen casi 100 W; en efecto, la forma de onda es casi como la de portadora continua y la potencia media se acerca a la potencia máxima de 100 W.

Hasta aquí hemos hablado de vatios eficaces; por decirlo de otra forma, de vatios equivalentes si en lugar de una antena conectáramos una bombilla a la corriente continua capaz de producir la misma luz.

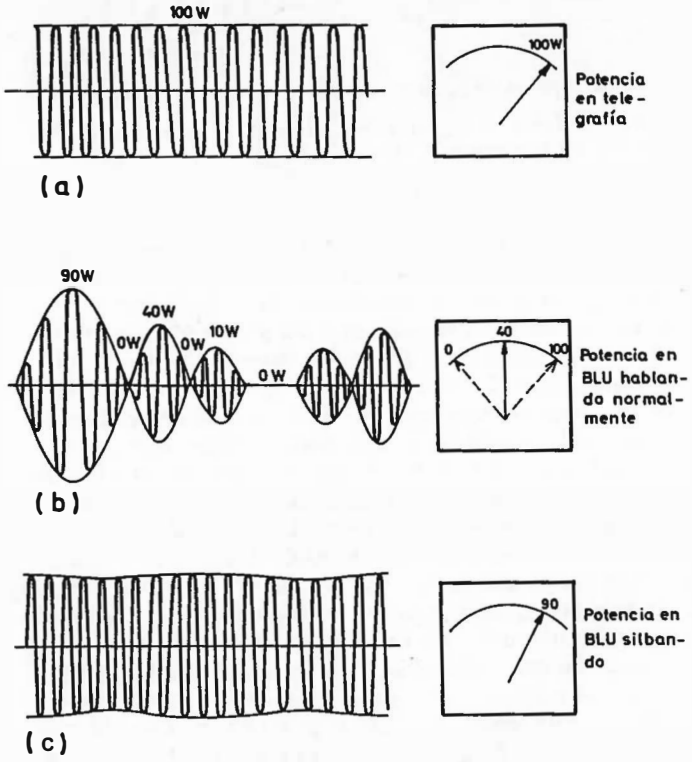



Figura 7.24 Medida de potencia en BLU. Curvas comparativas y lectura que se obtiene en un vatímetro convencional de bobina móvil

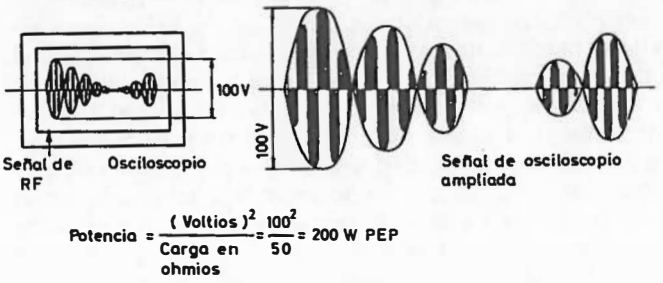



Figura 7.25 Medida de potencia en BLU. La curva del osciloscopio nos muestra la potencia aparente. La imagen ampliada muestra que la potencia sólo se entrega en las partes de negro. Por tanto la curva exterior corresponde a la potencia de pico de la envolvente, y a estos vatios se les denomina vatios PEP

Ahora bien, si la señal de radiofrecuencia que va a la antena o a una carga de 50 Ω, la aplicamos a un osciloscopio o a un voltímetro de radiofrecuencia con pantalla de osciloscopio graduada directamente en voltios y leemos, por ejemplo, 100 voltios, según la fórmula deducida de la ley de Ohm de la figura 7.25 se obtienen 200 W. Esto aparentemente es una contradicción, pero si observamos la señal ampliada, veremos que la curva principal o envolvente no está completamente «llena» sino que está compuesta de una señal senoidal (originalmente la portadora) recortada por arriba y por abajo de acuerdo con la señal de audio. Si marcamos con negro las superficies limitadas por los semiciclos de la portadora, veremos que nos queda en blanco la mitad de la superficie limitada por la envolvente; por tanto, la potencia que hemos obtenido con la fórmula es el doble de lo que debería ser. Para entendernos, a la

potencia de 200 W le llamamos *potencia de envolvente* (Power Envelop Peak). Vemos, pues, que coinciden los 200 W de entrada (Input Power) que especificaba el fabricante con los 200 W PEP, y que en realidad son el doble de los que nos indica el vatímetro cuando silbamos fuerte frente al micrófono.

En resumen y como orientación podemos decir que: un equipo con 200 W de entrada (input power) entregará unos 200 W PEP de salida, y en un vatímetro normal de aguja leeremos casi 100 W si silbamos fuerte, unos 30 o 40 si hablamos normalmente, y algunos más, quizás 60 si se incorpora un compresor de voz. Hay, no obstante, algunos casos muy especiales que vamos a detallar. Como quiera que la mayor información de la voz queda contenida entre 0 y 2,7 kHz y una buena parte de la información está alrededor de 1 kHz, la potencia de salida en banda lateral única es proporcional a la potencia de la voz en esta gama del espectro, y los circuitos de preamplificación de micrófono se diseñan para tener especial cuidado en la zona de 1 kHz. Cuando la voz del operador es muy grave, ronca o desprovista de timbre agudo, el operador de una estación en BLU, se lleva la desagradable sorpresa de que con un equipo de 100 W de salida, quizá no pueda sacarle ni 10 W con el preamplificador a máxima ganancia.

Es muy curioso ver que con un mismo equipo, distintos operadores, simplemente por el tono de su voz, obtienen potencias muy distintas y en algunos casos casi nulas. También se producen fenómenos similares, si el filtro es muy estrecho, por ejemplo 2,4 kHz, y el operador es femenino, con el espectro de la voz por encima de 2,4 kHz.

## 7.7 EMISION EN FRECUENCIA MODULADA (FM)

En los transmisores de VHF y UHF (frecuencias por encima de 30 MHz) y para las bandas de 144 MHz y 432 MHz, se ha venido utilizando la modalidad de emisión de AM hasta que se vio que la modalidad de frecuencia modulada (FM) conseguía algunas ventajas.

En FM la información se introduce en la señal de portadora modulando su frecuencia, y no su amplitud que debe permanecer constante. Así en la figura 7.26*a* vemos la señal de audio procedente del micrófono, y en 7.26*b* la señal de radiofrecuencia de emisión, en la que apreciamos que la amplitud permanece constante mientras que la frecuencia varía.

La variación de frecuencia en los equipos de FM para radioaficionados es de unos 12 kHz; a esta variación de frecuencia se le llama *excursión*. Cuanto más elevada sea la excursión mayor será la información que contendrá la emisión; el ancho de banda ocupado crecerá y la relación señal/ruido aumentará en el receptor.

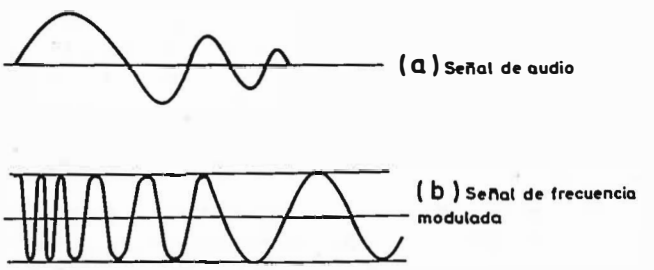



Figura 7.26 Curva de la señal de RF de una emisión en frecuencia modulada. La amplitud es constante, sólo la frecuencia se altera

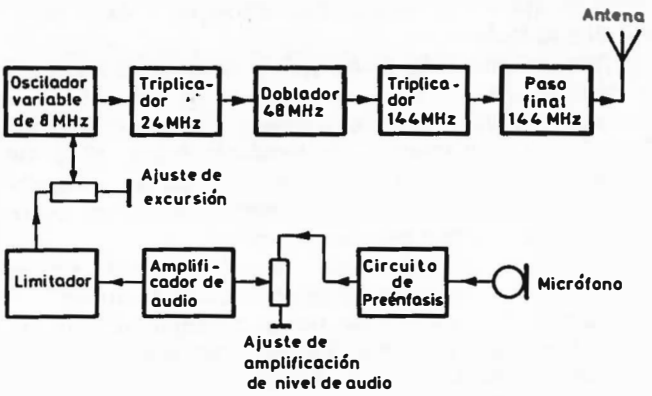



Figura 7.27 Diagrama de bloques de una emisora típica de frecuencia modulada

La figura 7.27 es el diagrama de bloques de una emisora típica de FM: la señal de audio del micrófono pasa por un filtro que atenúa los agudos, con lo que se amplifican en proporción los graves. Esto debe ser así, ya que, por ejemplo, las señales de 100 Hz después de ser multiplicadas varias veces producirían una desviación de, por ejemplo, sólo 400 Hz, mientras que una señal de 2 kHz, produciría una desviación de 8 kHz, y una de 3 kHz la produciría de 12 kHz, que es el límite. Sería extraño encontrar una voz que superara los 3 kHz.

Se ve que los sonidos graves producen menos desviación que los agudos y, por tanto, modularán menos la portadora, lo que quiere decir que cuando la señal sea débil, no oiremos los graves y sí, por el contrario, los agudos, con lo cual la voz perderá calidad. Precisamente la FM se distingue de otras modalidades por su fiel reproducción de la voz; de ahí que se justifique el circuito de *preénfasis*. En el receptor, los graves aparecerán más fuertes que los agudos, por lo que se introduce un circuito de *desénfasis*.

Un preamplificador de audio seguido de un limitador amplifica las señales del micrófono, impidiendo que haya alguna señal que supere el umbral del limitador. Finalmente existe un ajuste de excursión que consiste en un potenciómetro cuya toma central va a un diodo de capacidad variable o varicap, el cual forma parte de un oscilador variable muy estable, de por ejemplo 8 MHz. La frecuencia obtenida se multiplica en varios pasos hasta obtener la frecuencia de trabajo, de por ejemplo 144 MHz; en este caso se multiplicarían los 8 MHz por 18 veces, para lo cual hacen falta dos triplicadores y un doblador. Después sólo hace falta amplificar la señal para obtener la potencia necesaria en antena.

Al efectuar una modulación de 0 a 3 kHz, deberemos obtener en la frecuencia de salida una excursión de $\pm 12$ kHz, pero no más, pues podríamos interferir canales adyacentes. En VHF están normalizados cada 25 kHz, ya que cada canal ocupa $\pm 12$ kHz de la frecuencia central, lo que da 25 kHz aproximadamente. El problema que se nos plantea es el de la estabilidad de la señal de emisión; en efecto, el oscilador previsto en esta emisora oscila a 8 MHz y una deriva de 500 Hz supondrá un corrimiento 18 veces mayor en la señal de salida, o sea de casi 10 kHz.

Podemos recurrir a varias soluciones:

1) Utilizar un oscilador variable muy estable, lo que es muy difícil de obtener.

2) Utilizar un oscilador heterodino a base de un oscilador de cuarzo y uno variable a muy baja frecuencia, el cual será modulado por el varicap, por ejemplo, un cristal de cuarzo de

9 MHz al que se le resta la frecuencia de 1 MHz de un oscilador variable.

3) Otro sistema consiste en utilizar cristales de cuarzo. El problema estriba en que para cambiar de canal hay que conmutar cristales. Muchos equipos comerciales se han fabricado de esta manera, conteniendo hasta 25 o más canales. Mientras que es fácil modular un oscilador variable mediante un varicap, cuando se utiliza un cristal de cuarzo como oscilador puede resultar más difícil.

4) Puede utilizarse el modulador por reactancia, consistente en variar la inductancia de un circuito posterior.

5) Excepto algunos «walkie-talkie» o pequeños transceptores de mano que utilizan solamente unos pocos canales a cristal de cuarzo, la mayoría de transceptores utilizan un nuevo sistema denominado PLL (Phase Loop Lock = bucle de enganche de fase) o sintetizado. A partir de un cristal de cuarzo (figura 7.28) y mediante un divisor programable que puede ser activado por un teclado numérico, o mediante un mando convencional rotativo que suministre impulsos de los que se obtiene una lectura digital, se consiguen frecuencias de, por ejemplo, 5 en 5 kHz o 25 en 25 kHz, dependiendo del divisor programable. La frecuencia obtenida, que puede ser, por ejemplo, de 6,025 MHz, es comparada con la de un *oscilador controlado por tensión* mediante un varicap; este oscilador denominado VCO (Voltage Controled Oscillator) entrega una frecuencia que es comparada con la de 6,025 MHz que suministra el divisor programable y si no es la misma frecuencia, se origina una *tensión de error* o corrección (Offset Voltage) que actúa sobre el VCO, obteniendo la frecuencia de 6,025 kHz con absoluta precisión. Esta frecuencia se llevará a un mezclador que, por otro lado, recibe una señal modulada en frecuencia y completamente estable ya que parte de un cristal de cuarzo. Una vez mezclada podrá ser amplificada para atacar la antena si la frecuencia suma es suficiente (por ejemplo 6,025 MHz + 138 MHz = 144,025 MHz); en otro caso puede triplicarse, doblarse, etc. Algún lector atento se preguntará para qué nos complicamos la vida con el sintetizador, si después del divisor programable obtenemos 6,025 MHz que podríamos llevar directamente al mezclador, en lugar de realizar todo el montaje del VCO y el comparador. La respuesta es sencilla: la señal obtenida en el divisor programable es una señal cuadrada, no senoidal, y por tanto muy rica en armónicos e imposible de utilizar para mezclar con otras señales senoidales sin que se produzcan chirridos, espurias, etc. en la emisión.

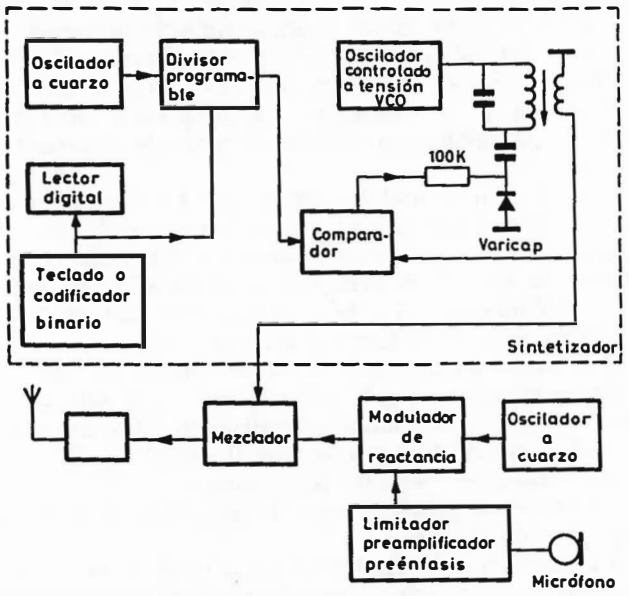



Figura 7.28 Diagrama de bloques de una emisora de FM sintetizada

Si bien se han hecho contactos a nivel mundial en VHF y en UHF mediante propagaciones especiales como son Meteorscan, o rebote por ionización de la alta atmósfera debido a meteoritos o incluso con el «moonboom» o rebote lunar, lo normal es que los contactos radioeléctricos se efectúen a unos pocos kilómetros. Se puede hablar de unos 80 kilómetros si el terreno está algo despejado, aunque el alcance aumenta con la altura de la antena. Instalada la emisora en un monte, de 1.500 metros puede corresponderle una cobertura de más de 300 kilómetros, siempre dependiendo de los posibles obstáculos y de la elevación de la antena receptora.

La necesidad de aumentar el alcance es lo que ha llevado al desarrollo de las estaciones repetidoras que operan casi siempre en FM y en VHF o bien UHF y se ubican en lo alto de un monte. Dado que estas estaciones se explican en el capítulo 11, bástenos aquí decir que reciben una señal y la transmiten simultáneamente pero desplazada unos 600 kHz en VHF y 1,6 o 7 MHz en UHF. Por tanto, los emisores de FM que tienen que activar repetidores tendrán que desplazar su frecuencia de transmisión hasta 600 kHz por debajo (en algunos países puede ser por encima) de la señal de recepción.

Usualmente los equipos de FM en VHF se dedican a enlaces de cobertura local. Con los repetidores se asegura un alcance mayor y sobre todo más seguro, siendo de destacar la poca potencia que se requiere para excitarlos. Bastan algunas decenas de milivatios para excitar repetidores bien situados y lograr cobertura de cientos de kilómetros, que sin el repetidor sólo sería de algunos pocos kilómetros. Esto lo aprovechan los walkie-talkie utilizados por los radioaficionados, con los cuales se ponen en contacto con otros radioaficionados aun cuando estén en plena excursión campestre, acampados, etc. Los repetidores son utilizados también por estaciones móviles montadas en automóviles, con el mismo resultado que si el radioaficionado llevará un teléfono en el automóvil, pudiendo en caso de accidentes de tráfico, incendios y otras emergencias, dar el primer aviso o mensaje de socorro (QTC).

Cuando se quiere ampliar la potencia del equipo de FM es posible colocarle un amplificador de potencia a la salida. Los amplificadores de potencia para FM trabajan en clase C, es decir la tensión de polarización en la base es cero, y la corriente de reposo en ausencia de señal de excitación es también nula. Las potencias típicas de los walkie-talkie son de 50 a 250 mW los más pequeños y de 1 a 5 W la mayoría. Los equipos para base fija o móvil suelen tener potencias comprendidas entre 1 y 10 W o bien entre 5 y 25 W, seleccionables a voluntad.

Algunos radioaficionados consideran que son antagónicas la FM en VHF y las bandas decamétricas. Creemos que no debe hacerse un problema de esta cuestión; la primera, permite contactos locales de elevada calidad y seguridad ya que es como un teléfono privado al servicio de los radioaficionados, mientras que en las bandas decamétricas y en especial en BLU, el alcance es enorme pero inseguro, y la calidad del sonido tiene mucho que desear si se la compara con la FM.

La FM no es privativa de la banda VHF, últimamente, rusos y norteamericanos hacen comunicados en la parte alta de los 29 MHz en FM de tipo angosto, es decir en FM cuya excursión en lugar de ocupar 12 kHz ocupa algunos menos

(sólo 2 o 3 kHz). De hecho en Estados Unidos han montado un repetidor de 29,6 MHz para utilizarlo en FM que permite alcances mundiales con gran facilidad.

## 7.8 AMPLIFICADORES LINEALES

Cuando no es suficiente la potencia del equipo para establecer determinados contactos puede recurrirse al uso de amplificadores de potencia de radiofrecuencia.

En bandas decamétricas existen dos grupos, los lineales que permiten pasar de un equipo QRP, es decir de 10 vatios efectivos (aproximadamente 20 W PEP) a unos 100 W efectivos, que es lo que entregan la mayoría de equipos normales. Estos lineales son de baja potencia.

El segundo grupo está constituido por los amplificadores lineales que se excitan con unos 100 W y entregan del orden de 1 a 2 kW PEP.

Los amplificadores lineales de baja potencia se suelen comercializar con componentes transistorizados, pero deben llevar un filtro para cada banda. Los llamados amplificadores lineales de banda ancha no son recomendables; en algunos países se tolera su uso en estaciones móviles, y en otros están prohibidos por los armónicos que generan.

Por regla general un amplificador de banda ancha entrega el tercer armónico atenuado o 35 dB como máximo. Esto quiere decir que si a un colega le enviamos una señal de 7 MHz de 5−9+40 dB, en 21 MHz nos copiará perfectamente con una señal de 5−9+5 dB, lo que implica ocupar otra banda. Si hay sobreexcitación, además de los armónicos las espurias que se producen son enormes.

En la figura 7.29 se representa el esquema de un amplificador lineal de baja potencia. Puede excitarse a partir de 4 W. Para 10 W efectivos de excitación, entregará a la salida unos 100 W efectivos. La fuente de alimentación requerida precisa de un transformador con varios secundarios y rectificadores, además de condensadores y componentes activos para obtener las siguientes tensiones: de 900 a 1.200 V de tensión continua y filtrada para alimentación de la placa, con una intensidad de unos 250 mA

La tensión alterna para filamentos será de 6,3 V con una corriente de 2 A. Serán precisos además dos secundarios para obtener una tensión continua de 12 V, al objeto de alimentar el circuito de disparo de los relés de conmutación de antena de emisión a recepción, necesitándose también una alimentación de −12 V estabilizada para el ajuste de polarización de la válvula, con lo que se consigue que ésta trabaje en clase B y no en C o muy próxima a ella, de forma que se evite la emisión de señales espurias.

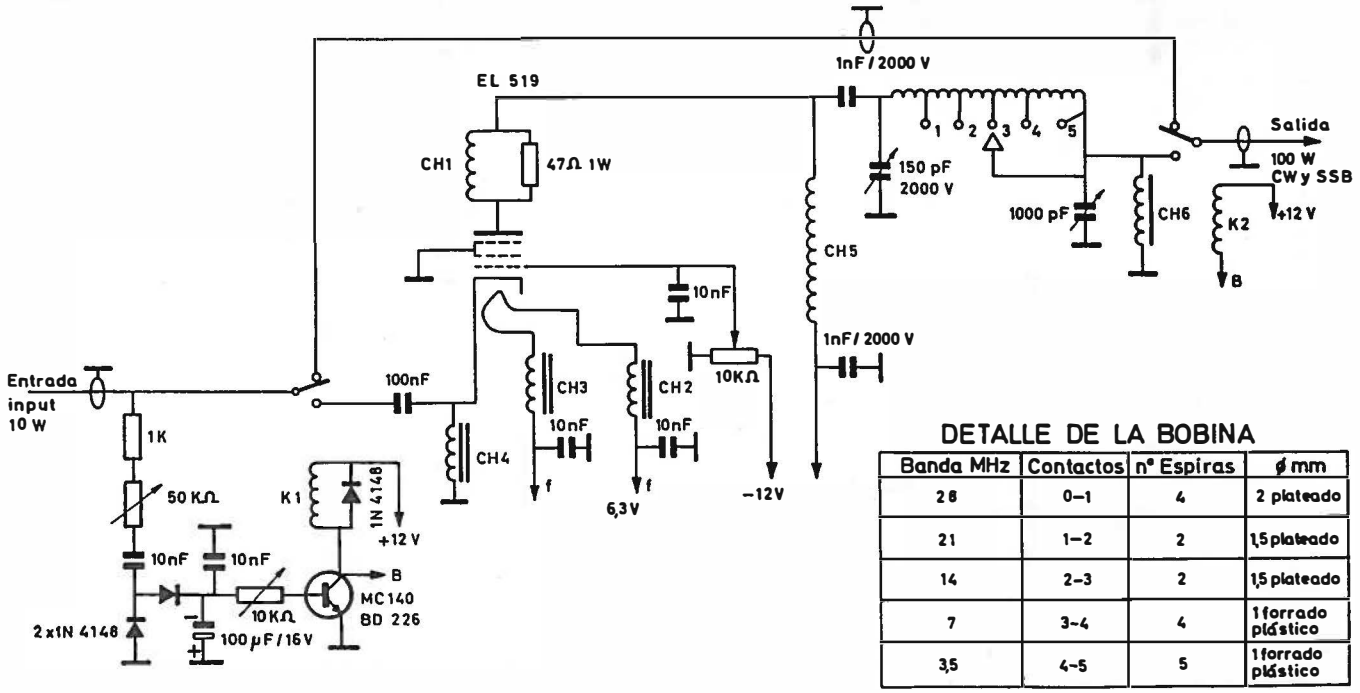
El amplificador lineal de la figura 7.29 será adecuado para obtener 100 W en CW y en SSB. Aunque puede trabajar brevemente en AM, el fabricante indica una máxima disipación de 30 W, por lo que en unos minutos la válvula se destruiría a causa del exceso de calor. Esta válvula es muy económica ya que es utilizada para el barrido en televisores en color, siendo su precio en Europa de unas 1.000 pesetas. El acoplamiento a la antena se hace por circito en PI, confiándosele a un conmutador el cortocircuito de las espiras. Los choques se hacen de la siguiente manera:

CH1: 4 espiras de hilo de 1 mm sobre resistencias de 47 Ω y 1 W.

CH2=CH3=CH4=CH6: 20 espiras de hilo de 1 mm esmaltado sobre ferrita cilíndrica de antena de radiotransistor de aproximadamente 10 mm de diámetro por unos 4 cm de largo. El CH6 es un choque de seguridad; sólo sirve para que si se cortocircuita el condensador Cp, no pase la alta tensión a la antena, fundiéndose el fusible de 0,3A.

CH5: Unas 100 espiras de hilo esmaltado de 0,3 mm sobre tubo de plástico o esteatita de 15 mm de diámetro y 80 mm de alto. Sin ningún tornillo metálico central que pase de punta a punta.

Es recomendable conectar un instrumento, sea un miliamperímetro o un tester, para hacer los primeros ajustes; en la figura 7.30 se detalla la conexión correcta.




DETALLE DE LA BOBINA

| Banda MHz | Contactos | nº Espiras | ø mm |
|---|---|---|---|
| 28 | 0–1 | 4 | 2 plateado |
| 21 | 1–2 | 2 | 1,5 plateado |
| 14 | 2–3 | 2 | 1,5 plateado |
| 7 | 3–4 | 4 | 1 forrado plástico |
| 3,5 | 4–5 | 5 | 1 forrado plástico |

Figura 7.29 Esquema de amplificador lineal de 100 W efectivos, para bandas decamétricas

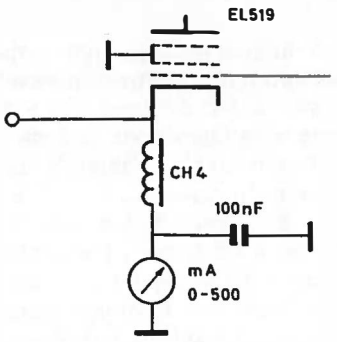



Figura 7.30 Conexión de un miliamperímetro a un amplificador lineal con rejilla a masa

Es conveniente tener precaución ya que, por el extremo que va al choque, pueden aparecer los 10000 V de placa caso de abrirse el circuito. Un accidente de este tipo puede ser mortal, por lo que todas las precauciones son pocas.

El miliamperímetro, sin señal de excitación, deberá marcar unos 20 mA de corriente de reposo, para lo cual debe ajustarse el potenciómetro de ajuste de polarización posiblemente hasta que estemos entregando unos 8 V negativos a la primera rejilla. Después daremos un poco de excitación, por ejemplo un par de vatios de portadora continua, y veremos si el amplificador lineal entrega potencia en la salida. Para ello deberemos poner el conmutador en la banda prevista y ajustar los condensadores variables, hasta obtener la máxima potencia posible; incrementar la potencia de portadora continua hasta unos 10 W, para obtener 90 o más vatios en la salida. No es conveniente mantener el régimen de plena potencia más que unos segundos; la válvula se pondrá al rojo, señal inequívoca de que el calor está aumentando. El miliamperímetro debe marcar 200 mA aproximadamente. En este momento la potencia de salida es de unos 100 W, ya que la potencia de entrada es igual a 1000 V por 0,2 A = 200 W, que suponiendo un rendimiento del 50 %, 100 W se disipan en la válvula y los otros 100 salen en antena. Como quiera que la disipación de la válvula es de sólo 30 W para trabajo continuo, podemos elevar el valor a 100 W, durante cortos períodos como es el caso de telegrafía y SSB (si no se usa una compresión muy alta). Este tipo de amplificador lineal es llamado de rejilla a masa y es de muy simple construcción.

Cuando se dispone de muy poca potencia, se puede hacer otro tipo de montaje, con un factor de amplificación de 60 en lugar de 10 como es el amplificador hasta aquí descrito. El amplificador de la figura 7.31 consta de una válvula tetrodo especial de emisión (modelo 6.146 B). El circuito de placa apenas difiere del esquema anterior; la tensión puede ser menor de 600 a 900 V. Se precisa otra tensión estabilizada de 150 V, que se puede lograr con válvulas de gas frío, aunque hay diodos zener y transistores que hacen la misma función. La tensión negativa de polarización será ahora más alta, y la corriente de reposo deberá ajustarse a unos 30 mA. La potencia máxima que se obtendrá sin saturación es de 60 W.

No hay inconveniente alguno en poner dos válvulas en paralelo, con lo que se conseguirán 120 W efectivos en la salida, a partir de sólo 2 W de excitación. En los equipos comerciales suele existir una bobina sintonizada en cada banda, que se conmuta mediante un selector de bandas a la entrada de rejilla. Aunque con menor rendimiento, puede sustituirse por un transformador toroidal con un primario con acoplamiento para 50 Ω, y un secundario para elevada impedancia, al objeto de entregar una elevada tensión a la rejilla.

Obsérvese que existe un pequeño trimer entre la bobina de entrada a la válvula y el circuito de salida de placa; este trimer que debe ser de alto aislamiento, sirve para neutralizar.

La neutralización consiste en introducir una realimentación negativa en el circuito para evitar que autooscile, o se produzcan oscilaciones amortiguadas que acompañen la modulación en CW o SSB. Cuanto más se cierra el condensador de neutralización, más se neutraliza, es decir menos posibilidad hay de que autooscile el circuito amplificador, pero en cambio la potencia de salida disminuye algunos vatios. Por tanto, no hay que cerrar el trimer de neutralización del todo, a menos que sea totalmente necesario. Sólo hay que cerrarlo hasta evitar las oscilaciones parásitas, que se traducirían en espurias y «barbas», interferencias en televisión (ITV), etc.

Si con el tiempo las válvulas se agotan y es preciso cambiarlas, sólo se producen autooscilaciones si las nuevas válvulas tienen más ganancia que las anteriores, ya que las características de las válvulas tienen algunas tolerancias, e incluso varían de un fabricante a otro.

En la figura 7.32 puede verse el esquema de un amplificador de estado sólido, en el que los transistores utilizados

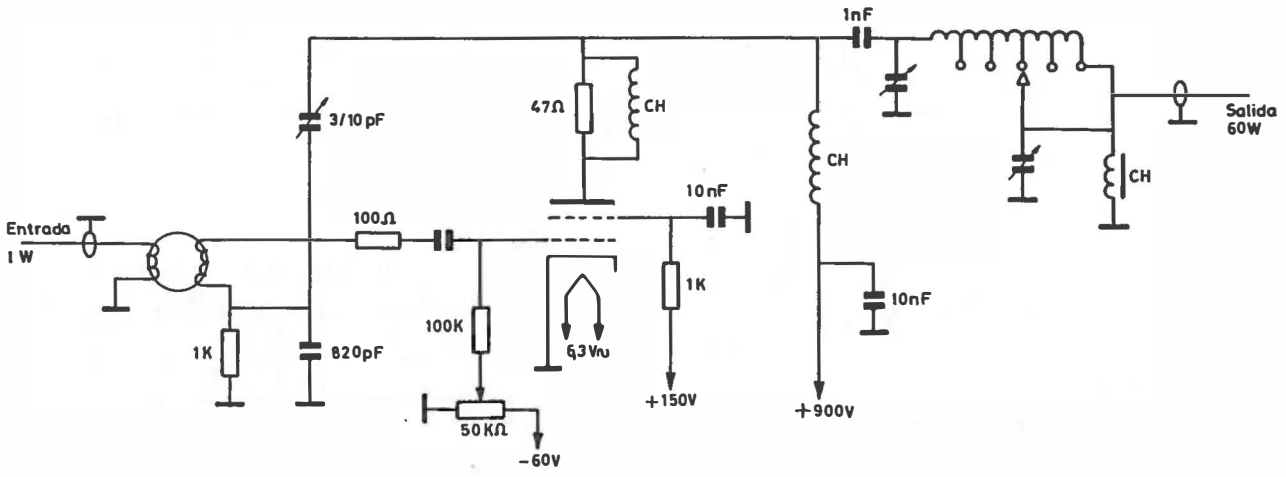



Figura 7.31 Amplificador lineal con válvula 6.146 B. En la entrada se ha puesto un toroide de banda ancha, pero usualmente se utiliza una bobina sintonizada para cada banda mediante un selector.

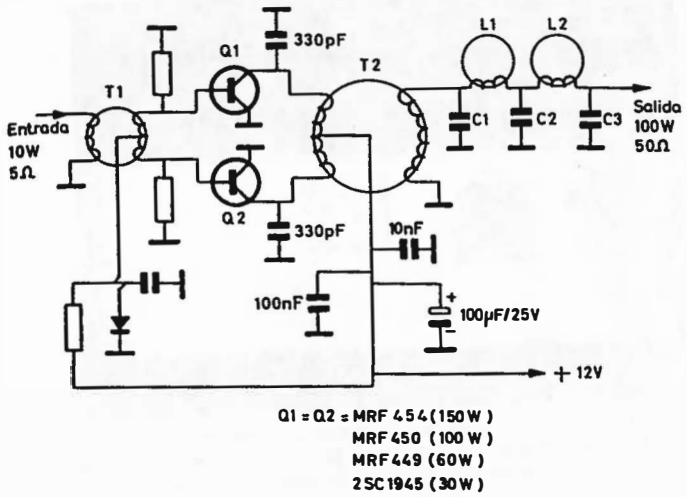



Figura 7.32 Amplificador lineal de estado sólido. La potencia de salida dependerá de los vatios de excitación y de los transistores utilizados

permiten una ganancia de 11 dB, por lo que se consigue un aumento de potencia de más de 10 veces la de entrada. T1 y T2 son transformadores de impedancia, debido a los bajos valores de impedancia que presentan tanto la base como el colector del transistor; es necesario primero reducir la impedancia para la señal de entrada a un valor de tres o cuatro ohmios. Lo mismo sucede en los colectores, en donde la impedancia debe pasar de este valor a 50 Ω.

Cuanta más potencia entregue el amplificador lineal, menor impedancia existirá en el transistor, por lo que se requieren transformadores de impedancia muy especiales, en los que un devanado tenga por ejemplo 15 vueltas de hilo esmaltado, y el otro devanado media espira de tubo de cobre; todo ello bobinado en el interior de cilindros de ferrita especial.

Si a la salida de T2 se conecta la antena, los armónicos impares estarán poco atenuados, por lo que tendremos un amplificador de banda ancha.

Es necesario utilizar un filtro para cada banda a la salida: $L_1$, $L_2$, $C_1$, $C_2$ y $C_3$ tienen valores específicos para cada banda, y si están bien construidos pueden atenuar los armónicos más de 60 dB. Si la conexión de antena falla, o existe un valor de ondas estacionarias superior a 1:1,8 los transistores pueden destruirse por tensión inversa.

Aunque raramente se trabaja en bandas decamétricas en FM, si fuera el caso, el amplificador podría trabajar en clase C, dejando de ser un amplificador lineal propiamente dicho. Para lograrlo, bastaría suprimir el diodo de polarización uniendo a masa directamente el centro del transformador de impedancia T1.

## 7.9 AMPLIFICADORES LINEALES DE ALTA POTENCIA

Cuando se desea cubrir largas distancias con cierta seguridad de establecer contacto, existen una serie de medidas a tomar. En primer lugar, el receptor del corresponsal debe tener suficiente sensibilidad para captar una señal débil. Tanto la antena del corresponsal como la propia deben poseer la máxima ganancia, lo cual se consigue con una antena directiva de varios elementos dirigida al punto en que se envía la emisión. Las pérdidas en el cable de bajada de la antena deben ser mínimas, utilizándose la mínima longitud de cable de la mejor calidad (si puede ser RG-213 mejor que RG8).

Si, a pesar de ello, los contactos se establecen con dificultad, puede elevarse la potencia de emisión con un amplificador lineal de elevada potencia. La mayoría de estos amplificadores entregan 1 kW efectivo en antena o 2 kW PEP y en general su uso debe restringirse a momentos en que falla la propagación o es muy débil, o debe pasarse un mensaje (QTC) urgente en los momentos en que se justifique, ya que hablar con un vecino que esté a 2 km utilizando 1.000 W, es como «matar mosquitos a cañonazos», y puede que nuestra emisión esté llegando a lugares en donde molestemos por ocupar una frecuencia que con baja potencia quedaría libre.

La figura 7.33 representa un amplificador lineal de 1 kW para bandas decamétricas, que se excita con la potencia de un transceptor de potencia de 100 W. Como se ve, es prácticamente el mismo amplificador lineal que el de la figura 7.29, pero con 5 válvulas en paralelo. Aquí, la corriente de reposo puede ajustarse para unos 100 mA, con lo que la intensidad a plena excitación sobrepasará 1 A. Por tanto, el consumo o potencia de entrada serán 1.100 V × 1 A = 1.100 W. Con un rendimiento del cincuenta por ciento nos situamos casi en 600 W efectivos, o 1.100 W PEP es decir 1 kW.

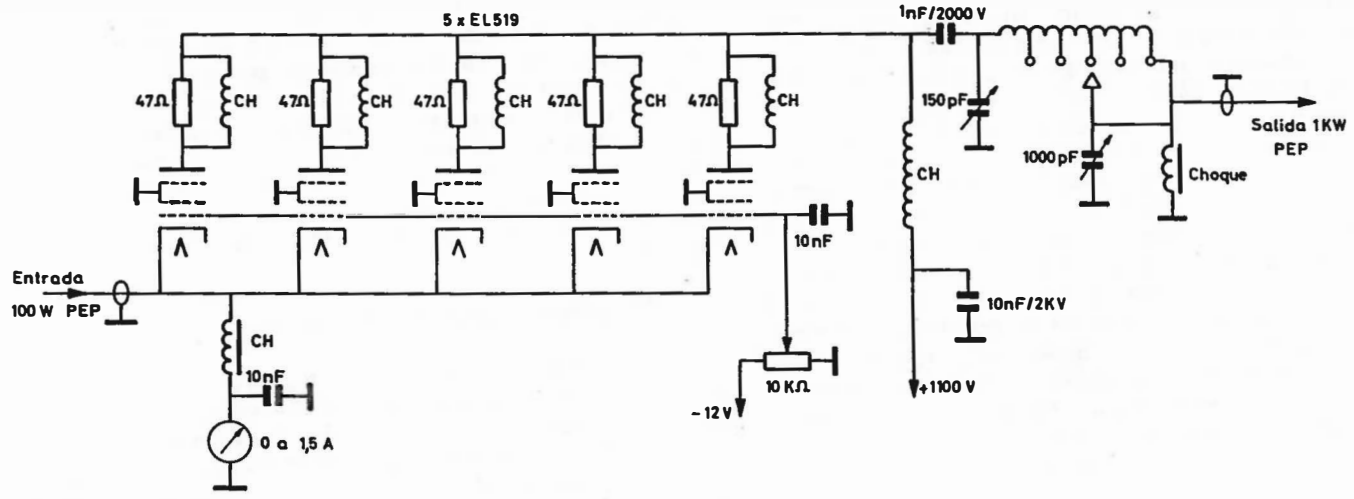



Figura 7.33 Amplificador lineal de 1 kW para bandas decamétricas utilizando válvulas de barrido de televisión de bajo coste.

El rendimiento de estos amplificadores lineales disminuye a medida que se aumenta la frecuencia; en la banda de 28 MHz la potencia es baja, mientras que en la banda de 3,5 MHz, debe reducirse la excitación, pues la potencia de salida podría ser excesiva y destruirse los tubos.

Otro fenómeno que aparece al poner varias válvulas en paralelo es que la capacidad de placas se suma a la de sintonía, y por lo tanto hay que abrir mucho más el condensador variable o bien montar la bobina del PI con tomas a menos espiras.

Estos amplificadores lineales se llaman de «rejilla a masa», precisamente porque sus rejillas están todas al potencial de masa como puede observarse en la figura 7.33, en la que la rejilla pantalla y supresora están conectadas a masa directamente, mientras la primera rejilla lo está a través de un condensador de desacoplo, es decir están al potencial de masa en cuanto se refiere a tensiones de radiofrecuencia y también tienen una tensión continua negativa, que se aprovecha para el ajuste de polarización.

Existen válvulas especiales de emisión, que permiten construir amplificadores lineales de muy alta potencia y de muy buen rendimiento; por ejemplo los modelos 572B, montados en paralelo permiten obtener tanta potencia o más que las 5 válvulas de barrido citadas anteriormente. La tensión de alimentación es de 3.000 V, y el rendimiento del 65 %. Las válvulas 3.500 Z, montadas en paralelo permiten obtener 1 kW efectivo, o sea 2.000 W PEP.

Si se desea adquirir un amplificador comercial ya fabricado, habrá que cerciorarse de que la red de alimentación es capaz de soportar la intensidad de corriente que absorbe. Para un amplificador lineal de 2 kW PEP las intensidades pueden superar 10 A, por lo que si la sección del hilo es delgado, habrán pérdidas y calentamiento. Tanto desde el punto de seguridad personal como desde el punto de vista antiinterferencia es indispensable disponer de una buena toma de tierra.

## 7.10 GUIA SOBRE EQUIPOS COMERCIALES

### 7.10.1 Cómo seleccionar un equipo

Cuando se desea ser radioaficionado, existen diversos puntos a tratar: exámenes, presentación de memorias y proyectos a organismos oficiales de telecomunicación, instalación de la antena en la azotea, y por último adquisición o montaje del equipo.

Si el radioaficionado posee buenos conocimientos de electrónica, tiene la posibilidad de montar su propio equipo (figura 7.34). Existen algunos kits comerciales que son muy adecuados. Universalmente conocido es el de firma Heathkit (puede solicitarse información en Europa a Heathkit, S.A. rue de la Colonie 75013 París), pudiendo escoger un transceptor multibanda decamétrico para CW y SSB con 100 W de salida (modelo SB-104). De la misma firma hay transceptores más sencillos como el modelo SW-8, que es un pequeño transceptor QRP de telegrafía para 10, 20, 40 y 80 metros de 2 W efectivos y coste muy reducido.

En general el problema de montar el equipo reside en encontrar los componentes, algunos de ellos difíciles de localizar y por otro lado, el disponer del oportuno instrumental electrónico para realizar los ajustes de precisión.

Un buen laboratorio de electrónica requiere un tester, un osciloscopio, y un frecuencímetro digital. También es recomendable disponer de un generador de audio y de RF calibrado en frecuencia y con un atenuador ajustable,

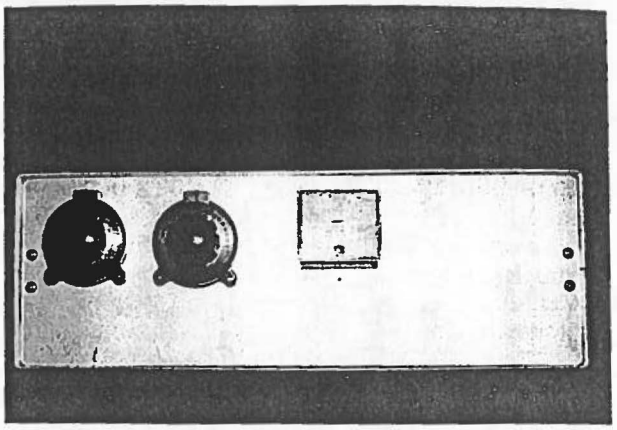


Figura 7.34 Amplificador lineal de construcción casera. Para amplificar sólo se ha previsto una sola banda, por lo que se prescinde del conmutador de bandas. Los dos únicos mandos son el de sintonía y el de carga

medidor «Grid-Dip», capacímetro, fuentes de alimentación regulables, etc. Resulta obvio que montarse un equipo no supone un ahorro económico, a menos de que se disponga de un buen laboratorio de electrónica. Los radioaficionados que deciden montarse el equipo lo hacen movidos por la afición y la satisfacción personal, antes que pensando en un ahorro de dinero.

Debido a la fabricación seriada, los equipos comerciales resultan relativamente económicos, y proporcionan gran cantidad de prestaciones, lo que mueve a la inmensa mayoría de radioaficionados a adquirir sus equipos ya montados.

¿Qué criterios hay que seguir al seleccionar un equipo comercial? Hay tres puntos esenciales: ubicación del equipo, características técnicas exigidas y condiciones económicas.

### 7.10.2 Ubicación del equipo

Si deseamos instalar el equipo en casa, será preferible que disponga de fuente de alimentación incorporada (lo que se llama una estación base); el tamaño no tendrá demasiada importancia, ni tampoco el peso. Es recomendable escoger un equipo que tenga una potencia de salida comprendida entre 100 y 200 W PEP si se trata de una estación de ondas decamétricas. Hoy en el mercado se encuentran muchos equipos de tamaño grande, pensados para ser ubicados como estación fija, cuyas características más comunes son: bandas decamétricas completas, incluidas las recientemente concedidas por la WARC (World Association Radio Communication), potencia de salida alrededor de 180 W PEP mediante un paso final a válvulas (un par de 6.146B). La señal de salida es extremadamente limpia, y la última atenuación de las espurias en frecuencias adyacentes muy lograda, de forma que aunque dos radioaficionados estén cerca, con este tipo de equipos se molestarán al mínimo.

A título orientativo citamos a continuación algunos de los modelos comerciales que se ajustan a las características descritas.

### 7.10.3 Algunos modelos comerciales

*KENWOOD TS530S*. Se alimenta a 220 V, dispone de un filtro para rechazo de señales interferentes próximas a la frecuencia (Width) que es un mando de ancho variable del paso de la FI. Tiene una sola conversión. Su relación calidad precio es de las mejores.

*KENWOOD TS830S*. Puede alimentarse a 220 voltios y a 12 voltios con un convertidor de corriente continua incorporado. Es de doble conversión. Dispone de varios mandos antiinterferencia muy interesantes como el «notch» y el «reject», además del desplazamiento de la FI. Este equipo está preparado para hacer frente a señales muy débiles y muy interferidas, y puede ser adecuado para el radioaficionado que desee contactos a largas distancias.

*KENWOOD 930S*. Este modelo es el último diseñado por la firma japonesa Kenwood. La recepción es de cuádruple conversión con selectividad ajustable. En recepción es de banda continua de 100 kHz a 30 MHz. Dispone de varias memorias de frecuencias y bandas, así como de doble oscilador, lo que es imprescindible para trabajar en expediciones. En emisión entrega unos 200 W. Puede incorporar opcionalmente acoplador automático de antena. A pesar de ser totalmente transitorizado sólo puede conectarse a una red de 220 V.

*YAESU 101 ZD* (Comercializado también con pequeñas diferencias como Sommerkamp FT 277ZD). Paso final con válvulas, que permiten 180 W PEP de salida; visualizador con un acabado muy cuidado. Se alimenta con 220 V y también con 12 voltios de continua, con ayuda de un convertidor opcional. Una de las particularidades de este equipo es la de que en el selector de modos de emisión incorpora AM y en los últimos modelos FM (opcional), que puede utilizarse para excitar los repetidores americanos que trabajan a 29 MHz. También puede recibir señales del satélite OSCAR en la banda de 29 MHz.

*YAESU 902 DM*. Es un transceptor equipado con varios dispositivos extras. Dispone de una memoria, lo que equivale a dotarlo de un oscilador variable remoto. Incorpora la llamada manipulación electrónica Curtis, por lo que basta conectar un manipulador horizontal o maniplex, para obtener puntos y rayas automáticamente. Otra buena característica de este equipo es el mando APF de «Audio Peack Filter», consistente en un filtro de audio ajustable; se trata de una gran ayuda para los que deseen escuchar telegrafía sin interferencias. Naturalmente entrega 180 W PEP con dos válvulas en el paso final. Dispone de AM y de FM, por lo que es un equipo muy completo.

*DRAKE TR7*. Es un transceptor exponente de la alta tecnología americana. Puede programarse cualquier segmento de 500 kHz entre 0 y 30 MHz. En recepción es de banda corrida, es decir de 0 a 30 MHz. Dispone de un complejo circuito sintetizador o «PLL» y de filtros antiinterferencia. Aunque puede funcionar a 12 voltios, es pesado y voluminoso y debe considerarse un equipo de base. Su amplificador lineal de potencia entrega casi 200 W, está montado en el interior, lo que obliga a que incorpore un ventilador. Se le considera uno de los mejores equipos del mercado, pero su coste es elevado.

*YAESU FT-7B*. Si lo que deseamos es un equipo para instalar en el automóvil, el equipo deberá ser de tamaño reducido y funcionar a 12 V. En ondas decamétricas encontramos algunos equipos que se adaptan a este tipo, entre ellos el modelo Yaesu FT-7B que tiene una altura muy reducida y no es digital, aunque se le puede acoplar opcionalmente un indicador digital. Entrega 50 W efectivos, o sea 100 W PEP. Dispone de AM, CW y SSB.

*KENWOOD TS-130*. Es muy pequeño. Dispone de visualizador digital y trabaja en CW y SSB. Existen dos modelos: el S y el V; uno para salida de 25 W PEP y otro para 100 vatios efectivos CW y SSB.

*YAESU FT 707 DX* (o equivalente SOMMERKAMP FT 767 DX). Modalidades AM, CW y SSB. Dial digital y S-Meter con diodos luminiscentes. Salida 100 W efectivos o más. Alimentación 12 V. Tiene un complejo circuito de protección, que en caso de elevada ROE o exceso de calentamiento, se desconecta automáticamente, y no vuelve a conectarse hasta que la temperatura del paso final es correcta.

*ICOM 730*. Cubre la banda de 3,5 a 10 metros. Modalidades CW, AM, SSB. Potencia ajustable de 10 a 100 vatios efectivos. Triple frecuencia intermedia.

*ICOM 720*. Cubre la banda de 1 a 30 MHz en *Banda Continua*. Sistema de recepción de triple conversión; el resto de características son similares al ICOM 730. Por sus dimensiones puede considerarse un equipo adecuado para móvil, pero por sus prestaciones puede utilizarse como tantos otros descritos aquí, en estación base o fija, mediante una adecuada fuente de alimentación.

### 7.10.4 Equipos portátiles

Hasta aquí hemos hablado de equipos decamétricos; veamos ahora algunos de los equipos de 144 y 432 MHz que son compactos, ya que poseen una sola banda, por lo que pueden utilizarse indistintamente para estación fija o móvil, disponiendo de una fuente de alimentación adecuada, o bien conectándolos a la batería del coche (12 V).

*KENWOOD TR-7800*. Modalidad FM; potencia de salida 5 y 25 W; Banda de frecuencias 144 a 149 MHz; 15 canales de memoria. Alerta de prioridad.

*KENWOOD TR-9000*. Modalidades FM, SSB y CW. Potencia 1 y 10 W; 144 a 149 MHz opcional (144 a 146 MHz). Dispone de dos osciladores variables. Saltos de 100 Hz, 5 kHz y 10 kHz seleccionables.

*ICOM 25-E.FM*. 25 W; cobertura 140 a 150 MHz; 5 memorias; dimensiones sumamente pequeñas: 50 mm de alto, 140 mm ancho, 177 mm profundidad.

*ICOM-290 E*. Cobertura frecuencias 140-150 MHz; FM-CW-SSB; 1 y 10 W de potencia; 5 memorias programables.

*KDK 2030*. Transceptor de la casa Kiokuto. Entrega 3 y 25 W en FM; cobertura 143 a 149 MHz; 10 memorias; explorador de banda y memorias. Muy compacto y con S-meter por diodos luminiscentes.

*YAESU FT-230R*. 3 y 25 W; 10 memorias permanentes; dos osciladores variables; canal prioritario; cobertura 144 a 148 MHz; controlado por microprocesador. Muy reducido de dimensiones y peso.

*KENWOOD TS-780*. Cobertura 144 a 148 y 430 a 440 MHz, es por tanto de UHF y VHF; modalidades CW, FM y SSB; potencia de salida 1 y 10 W; 10 canales memorizables; explorador de memoria y banda; alimentación 220 Vca y 12 Vcc. Por sus dimensiones y por disponer de fuente de alimentación incorporada puede considerarse un equipo de base.

*KENWOOD TR-9500.* Cobertura 430 a 440 MHz; es de UHF; potencia 10 W; 6 memorias; dispone de explorador; alimentación a 12 Vcc; modalidades FM, CW y SSB.

*KENWOOD TR-8400.* Cobertura 430-440 MHz UHF; modalidad FM; saltos de 25 kHz; potencia 1 y 10 W; memorias; explorador de memorias; repetidores con 7,6 y 1,6 MHz de desplazamiento; alimentación 12 Vcc.

*MULTI FDK 700.* Transceptor de 144 a 148 MHz; saltos de 5 en 5 kHz; una memoria; potencia regulable hasta 25 W; alimentación a 12 Vcc; modalidad solo FM; costo reducido.

*MULTI FDK 750.* Transceptor de 144 a 148 MHz; Potencia de 1 y 10 W; modalidades CW-SSB-FM; módulo opcional para 432 MHz.

*STANDARD C8.800.* Cobertura 144 a 148 MHz; modalidad FM; potencia 10 W; explorador; memorias; incorpora $\mu$P y preamplificador de recepción.

*STANDARD C7.800.* Cobertura 430 a 440 MHz; UHF; modalidad FM; incorpora un microprocesador; alimentación 12 Vcc; memorias y explorador.

*STANDARD C-58.* Tamaño muy reducido; incorpora baterías recargables y puede usarse como walkie talkie; en móvil o como base con un amplificador lineal opcional puede entregar 25 W; sin amplificador lineal entrega 1 W; modalidades FM-CW-SSB; cuarzo líquido.

*STANDARD C-78.* Formato como el anterior; cobertura 430 a 440 MHz; modalidad solo FM; salida 1 W; amplificador lineal de 10 W opcional; alimentación 12 V.

*YAESU FT-290R.* Tamaño muy reducido; utilizable como walkie talkie o como estación móvil con amplificador lineal y fuente alimentación opcional; dial por cuarzo líquido; cobertura de 144 a 148 MHz; potencia 2,5 y 0,5 W modalidades FM-CW-SSB; control con microprocesador; 10 memorias permanentes; dos osciladores variables.

Existen equipos ultraportátiles llamados walkie-talkie, que incorporan batería de níquel-cadmio y han llegado a cierta complejidad a pesar de su reducido tamaño y peso. Algunos de ellos los describimos someramente a continuación.

### 7.10.5 Equipos Walkie-talkie

*AOR 240.* Walkie-talkie de 2 vatios; cobertura de 144 a 148 MHz en saltos de 5 kHz; modalidad FM; dial por ruedas numéricas; gran autonomía y sensibilidad.

*AOR 245.* Igual que el anterior pero con una salida a 5 W.

*YAESU 207.* Visualizador digital con diodos luminiscentes; programación de frecuencias por teclado; 2 W de salida; el modelo YAESU 208 dispone de dial de cristal líquido; gran duración baterías.

*ICOM IC-2E.* Cobertura 141 a 150 MHz; potencia de 0,2 y 2 W; modalidad FM; dial por ruedas numéricas; saltos de 5 kHz; muy compacto.

*KENWOOD TR2.400.* Para FM; cobertura 144 a 148 MHz; 10 memorias; potencia 1,5 W; dial por cristal líquido; explorador de memorias; el modelo TR2500 es una versión mejorada, ya que dispone de explorador de memorias y de banda; batería recargable separable.

## 7.11 EXIGENCIAS TECNICAS

Hasta aquí hemos recogido una síntesis muy breve de algunos de los equipos más comunes, en los que hemos resaltado las características más sobresalientes, tales como potencias, forma de alimentación, etc. Esto podrá ya dar una idea del criterio de selección de un equipo por sus prestaciones, no sólo de ubicación, sino según las *exigencias técnicas* que se precisen. Así por ejemplo, un equipo móvil de VHF puede reducirse a un equipo compacto de FM, con algunas memorias para la cobertura de repetidores.

Si, por el contrario, se desea trabajar en VHF para cubrir distancias largas, deberá proveerse de un equipo con SSB y CW además de FM, con antenas directivas de alta ganancia, preamplificador de antena y lineal de salida, y procurar saber cuándo pueden producirse perturbaciones, inversiones de temperatura e ionización de la alta atmósfera por lluvia de estrellas (meteorscan), y estudiar técnicas especiales como el «rebote lunar», transmisión por satélite artificial provisto de repetidores para aficionados, etc.

## 7.12 COSTE DE LOS EQUIPOS

Un punto a tener en cuenta es el de la economía del equipo. Casi siempre adquirir un equipo muy limitado y de bajo coste es una equivocación; primero conviene plantearse, qué equipo nos gustaría tener y qué uso le vamos a dar. Si realmente nuestra afición nos lleva a participar en concursos de radioaficionados, a contactar con colegas de países lejanos y por tanto con señales muy débiles, o a trabajar con expediciones, necesitaremos equipos con unas ciertas prestaciones y por tanto más caras. No debe olvidarse tampoco que un sistema dotado de antenas directivas, con rotores, cables de bajada, etc, puede ser tan costoso como los propios equipos. Si nuestra economía es limitada, o bien dedicamos poco tiempo a efectuar comunicados, es aconsejable adquirir un equipo de ocasión.

Es interesante probar el equipo a conciencia; si puede ser por un radioaficionado veterano, mejor todavía. Algunos equipos de ocasión se venden en muy buen estado, incluso en mejores condiciones técnicas que cuando fue adquirido, gracias a los cuidados de su propietario, que lo ha provisto de accesorios y complementos.

Es importante que el establecimiento en donde se adquiera el equipo esté dedicado o tenga una sección especializada en radioafición. Que disponga de personal técnico especializado e incluso taller; lo contrario puede suponer que este establecimiento sea un simple revendedor, y que en caso de que surjan problemas técnicos no se hará cargo, o trasladará el problema a otro establecimiento.

# líneas de transmisión

8

*José M.ª Gené Llagostera*

## 8.1 GENERALIDADES

Línea de transmisión es el medio artificial por el cual se transporta la energía de un punto a otro. En nuestro caso entendemos por línea de transmisión la que puede transportar energía de radiofrecuencia entre el transmisor y la antena, la antena y el receptor o entre dos equipos.

Las líneas de transmisión, además de emplearse en los ejemplos anteriores, tienen otras aplicaciones como: filtros de onda, inversores de fase, circuitos tanque resonantes, transformadores de impedancias y correctores de fase.

Toda línea de transmisión tiene unas características especiales por las cuales la distinguimos de las otras, siendo su rendimiento mejor o peor según sea la aplicación que le demos o la onda de radiofrecuencia que transporte.

Atendiendo a su constitución física se clasifican en: unifilares, bifilares, multifilares, de cinta, tubulares, coaxiales y guiaondas. Según su utilización se clasifican en dos grandes grupos: aperiódicas o sea no resonantes, y periódicas (sintonizadas).

Las líneas de transmisión no deben radiar energía, sino que la deben transportar con el máximo rendimiento posible.

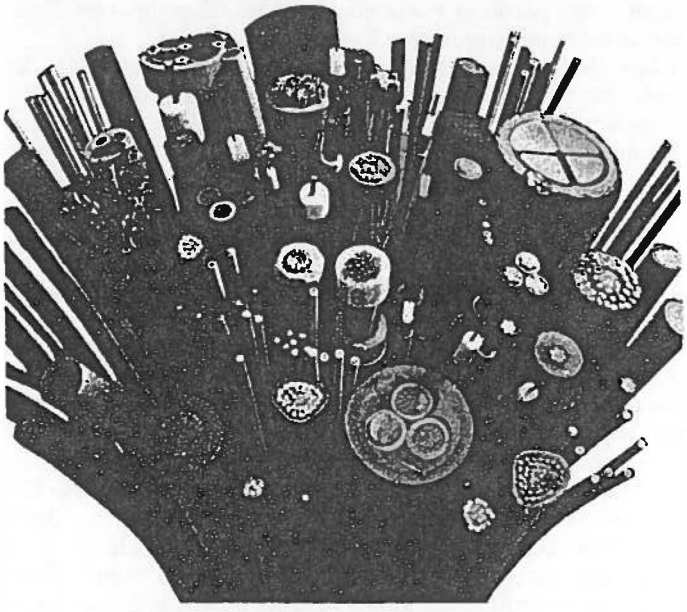


Figura 8.1 Aspecto exterior de diversos cables.

## 8.2 IMPEDANCIA DE UNA LINEA

Una de las características más importantes de las líneas de transmisión es su impedancia, que está determinada físicamente por los materiales que la constituyen: diámetro y disposición de los conductores así como el dieléctrico que los separa.

El valor de la impedancia característica de una línea de transmisión $Z_0$ se halla en función de la autoinducción y de la capacidad de la misma. Se expresa por la fórmula:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$Z_0$ es la impedancia característica que corresponde a la unidad de longitud, por lo que podemos afirmar que toda línea de transmisión tiene un determinado valor de impedancia característica.

## 8.3 FACTOR DE VELOCIDAD

Se llama *factor de velocidad* a la relación entre la velocidad con que una onda de radio viaja por una línea de transmisión y la velocidad con que se propagaría en el caso de una línea teórica cuyo dieléctrico sea el vacío con factor de velocidad uno. En líneas físicas este factor siempre será menor que uno, ya que la constante dieléctrica también lo es. Cuanto menor sea el factor de velocidad más tardará la onda en recorrer la línea.

## 8.4 ONDAS ESTACIONARIAS

Al circular una onda de radio por una línea de transmisión (figura 8.2) cuya impedancia varía de repente, una parte de la energía será reflejada hacia el generador y se producirán ondas estacionarias. Por lo tanto, sobre la línea tendremos dos ondas, una que circula del generador hacia el extremo de la línea y otra desde la discontinuidad al generador, de tal modo que se crearán a lo largo de la línea unos puntos en que la tensión variará de cero al doble de su valor; la corriente hará lo mismo en los puntos intermedios.

Para analizar el efecto de las ondas estacionarias consideremos una línea acoplada por un extremo al generador de radiofrecuencia y cuyo otro extremo esté en cortocircuito. En este punto tendremos un máximo de intensidad y un cero de tensión. El valor instantáneo de la corriente reflejada será diferente a lo largo de la línea; en ciertos puntos será tal que la fase de la corriente reflejada y la de salida se anularán entre sí, mientras que en otros puntos se sumarán. La distancia entre estos puntos varía según el factor de velocidad de la línea y de la frecuencia de la onda, de tal manera que si en el extremo cortocircuitado las intensidades están en fase, a una distancia múltiplo de medias longitudes de onda lo volverán a estar. En el caso de que el extremo de la línea opuesto al generador esté abierto, la corriente y tensión circulan en concordancia de fase a lo largo de ella, hasta que llegan al extremo abierto. En este punto la corriente tiene que desaparecer, ya que no hay movimiento y tendrá que volver sobre su camino retornando hacia el generador; en el extremo abierto de la línea existirá un máximo de tensión. Si

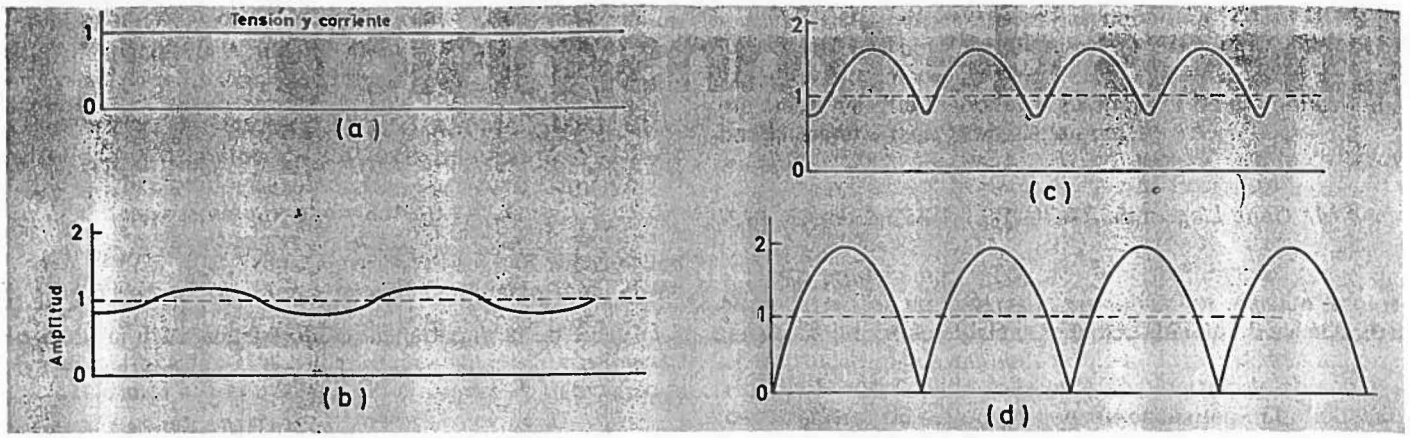



Figura 8.2 Valores de tensión y corriente a lo largo de una línea: *a*) línea terminada con su impedancia, ROE = 1; *b*) línea terminada con una carga con índice de reflexión de 0,2, ROE = 1,5; *c*) línea terminada con una carga con índice de reflexión de 0,5, ROE = 3; *d*) línea terminada en cortocircuito o abierta, ROE = ∞.

en el extremo abierto la corriente está en fase, volverá a estarlo en un punto distante de aquél un cuarto de onda y en todos los múltiplos impares.

La onda reflejada tiene la misma velocidad de propagación sobre la línea de transmisión que la onda incidente.

## 8.5 TERMINACION DE LAS LINEAS

Hemos visto los casos en que la línea de transmisión termina en cortocircuito o está abierta. Cuando la línea termina con una resistencia pura, parte de la potencia de radiofrecuencia será absorbida por la resistencia; la potencia reflejada será inferior a la incidente y, por lo tanto, en ningún punto de la línea la tensión y la intensidad de la onda reflejada podrán anular la tensión e intensidad de la onda incidente.

En el caso de estar terminada la línea en una reactancia pura, la forma de la onda estacionaria será intermedia entre la que se forma en una línea terminada en cortocircuito y la terminada en circuito abierto; la separación entre los modos de corriente y tensión seguirá siendo de 90°. La línea puede terminar en una capacidad grande y una inductancia pequeña; en este caso la forma de la onda estacionaria se aproximará a la de cortocircuito. En el caso de terminar en una inductancia elevada y una capacidad pequeña se aproximará a la forma de onda de una terminación abierta.

## 8.6 RELACION DE ONDAS ESTACIONARIAS (ROE)

La relación entre los valores máximo y mínimo de tensión o corriente medidos a lo largo de la línea determina la relación de ondas estacionarias.

Cuando la potencia es absorbida completamente por la carga en el extremo de la línea, la relación de ondas estacionarias es uno. Si la línea está terminada por una resistencia pura, tendremos que la relación de ondas estacionarias (ROE) será la relación entre la impedancia de carga y la impedancia de la línea

$$ROE = \frac{Z_r}{Z_0}$$

Cuanto mayor sea el cociente de reflexión, mayor será la ROE normalmente referida a la tensión o a la corriente.

## 8.7 PERDIDAS EN LAS LINEAS DE TRANSMISION

Las pérdidas en las líneas de transmisión suelen ser debidas a los aislantes y a los conductores. Las primeras debidas al dieléctrico, son directamente proporcionales a la frecuencia; a mayor frecuencia más pérdidas. Las segundas aumentan en función de la raíz cuadrada de la frecuencia y a causa del efecto pelicular de los conductores, que tendrán más resistencia efectiva cuanto más alta sea la frecuencia de la onda que circule por ellos.

Las frecuencias elevadas influyen más en las pérdidas debidas al dieléctrico y a medida que disminuye la frecuencia de la onda de trabajo, son las pérdidas óhmicas las que más influyen.

En las líneas de transmisión que hoy día se fabrican, con excepción de la atenuación gradual de la potencia a lo largo de ellas, las pérdidas mencionadas son insignificantes si se usan las líneas para lo que han sido diseñadas.

Cuando la línea de transmisión tiene pérdidas elevadas, la onda incidente se debilita a medida que circula hacia la terminación y la onda estacionaria sufre el mismo efecto, pudiéndose decir que el efecto producido al alargar una línea disipativa consiste en reducir la relación de ondas estacionarias en el extremo del generador.

## 8.8 EFICACIA DE UNA LINEA DE TRANSMISION

La eficacia de una línea de transmisión viene determinada por la diferencia entre la potencia medida al principio de ella y la entregada al final; esta diferencia es la potencia disipada por la línea y se expresa en dB por unidad de longitud y frecuencia. En el caso de que existan ondas estacionarias en la línea, la potencia disipada se verá incrementada por éstas.

Aunque la atenuación de una línea sea baja no debe trabajarse con una ROE alta, ya que ésta afecta a la disipación de la línea y la tensión entre los conductores aumenta proporcionalmente, lo que obliga a aumentar la separación entre ellos o a utilizar mejores aislantes para una misma frecuencia de trabajo.

## 8.9 LINEAS RESONANTES

Línea resonante o sintonizada es una línea sensible a la frecuencia de la corriente que circula por ella, siendo la impedancia de entrada función de su longitud y de la fre-

cuencia; la longitud es múltiplo de media onda de la frecuencia de trabajo y la impedancia de entrada es igual a la de la carga. A lo largo de la línea resonante circulan gran cantidad de ondas estacionarias, ya sea por una deficiente adaptación de impedancia con la carga o porque deliberadamente se ha diseñado el conjunto para que trabaje en estas condiciones, aunque ocasionen un aumento de disipación, reducción de la eficacia y aumento de las dimensiones físicas.

## 8.10 LINEAS NO RESONANTES

En una línea en que la ROE es baja, la impedancia no varía con la longitud, siendo muy próxima a la de la carga. En estas condiciones se dice que se trata de una línea de transmisión no resonante que permite trabajar con cualquier frecuencia y longitud; la distribución de la tensión e intensidad a lo largo de ella es uniforme.

## 8.11 RADIACION DE LAS LINEAS

Una línea de transmisión recorrida por una corriente alterna produce a su alrededor un campo eléctrico y otro magnético. Cuando se trata de bajas frecuencias, el campo creado en un semiciclo vuelve al conductor durante el semiciclo contrario y se anula; a las ondas de radio no les da tiempo de volver al conductor antes del otro semiciclo, radiando al espacio parte de la energía electromagnética.

En el caso de líneas bifilares, los campos creados en los conductores tienen la misma intensidad (figura 8.3), pero de sentido opuesto, anulándose el campo alrededor de los dos conductores. En la práctica puede suceder que una pequeña parte se radie, ya que los dos conductores se encuentran algo separados, siendo esta radiación función de la separación. En el caso de tratarse de una línea plana y equilibrada en que la relación entre la separación de conductores y la longitud de onda es menor de 0,01 se puede considerar nulo el campo radiado.

La radiación es una pérdida más de la línea de transmisión y aumenta considerablemente en el caso de líneas resonantes o con muchas ondas estacionarias.

## 8.12 LINEAS BIFILARES

Esta línea de transmisión consta de dos conductores paralelos colocados el uno cerca del otro, para evitar radiaciones e inducciones; los conductores se mantienen separados mediante un material aislante: cristal, polietileno u otros, de bajas pérdidas convenientemente colocado, de manera que el dieléctrico sea el aire en un tanto por ciento muy elevado (figura 8.4).

La línea bifilar es de bajas pérdidas y barata, aunque su instalación es complicada, ya que hay que mantenerla tensada para conservar su paralelismo y simetría, así como tenerla alejada de los objetos metálicos y paredes, siendo aconsejable que a lo largo de ella se hagan varias transposiciones para igualar el efecto de capacidad de los conductores con el suelo.

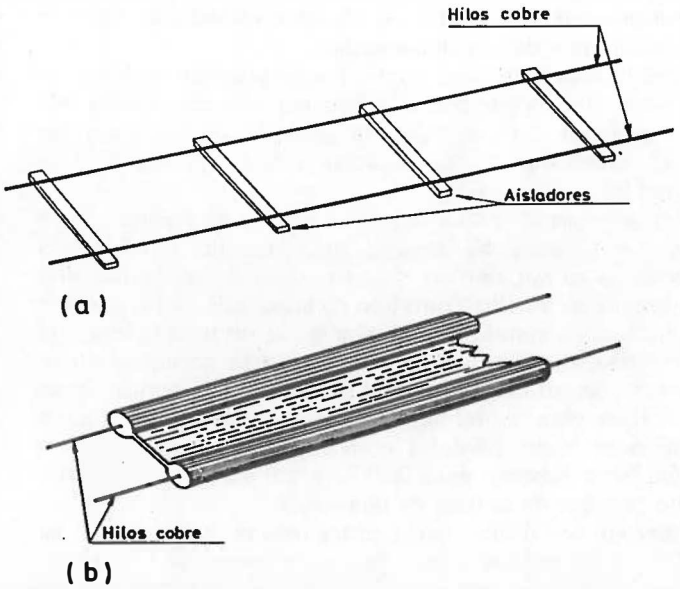



Figura 8.4 *a*) Cable bifilar con aislamiento de aire; *b*) cable bifilar con dieléctrico sólido, también llamado de cinta.

La impedancia característica de este tipo de línea viene dada por la fórmula:

$$Z_0 = 276 \log \frac{D}{d}$$

en donde $D$ es la distancia entre conductores y $d$ es el diámetro de éstos. La impedancia más usual de estas líneas está comprendida entre 400 y 600 Ω (figura 8.5), pudiendo diseñarse para otras impedancias, utilizando los mismos conductores pero variando la distancia entre ellos.

En esta clase de líneas las pérdidas se reducen al mínimo, ya que para frecuencias superiores a 30 MHz sólo un

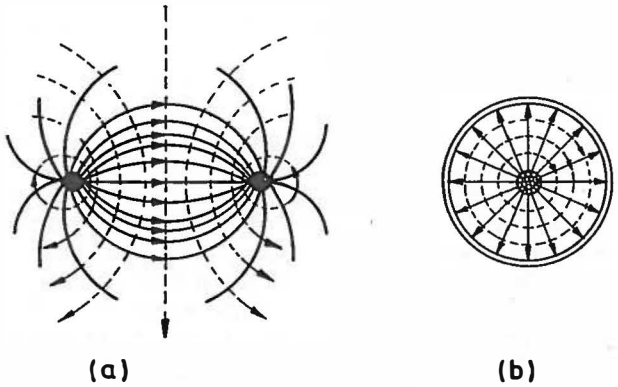



Figura 8.3 Radiación de las líneas: *a*) línea bifilar; *b*) línea coaxial. El campo eléctrico se representa con líneas continuas, mientras que el campo magnético se representa por líneas discontinuas.

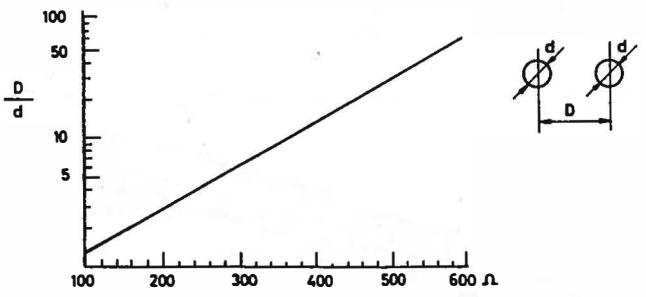



Figura 8.5 Impedancia de una línea bifilar con aislamiento de aire, según diámetros de los conductores y separación de los mismos.

excelente cable coaxial con dieléctrico gaseoso la puede igualar: a 30 MHz las pérdidas son de 0,09 dB cada 30 metros. Por encima de esta frecuencia existe un problema producido por los aisladores que, por tener una constante dieléctrica diferente de la del aire, constituyen irregularidades en la línea que producen reflexiones y pérdidas apreciables. En el caso de utilizar esta línea en la transmisión de ondas de VHF, se tiene que procurar que la separación entre aisladores no sea una media onda de la frecuencia de trabajo, pues si lo fuera, las reflexiones se sumarían al final de la línea produciendo una fuerte discontinuidad; la mejor manera de situarlos es de forma irregular.

El factor de velocidad de una línea bifilar está normalmente comprendido entre 0,95 y 0,98, dependiendo del número de aisladores y de sus dimensiones.

La radiación se reduce mucho (véase apartado anterior) si la separación entre conductores es pequeña comparada con la longitud de onda utilizada; la radiación aumenta con las ondas estacionarias, el desequilibrio del sistema o la disimetría.

Hay diversas variantes comerciales de estas líneas, una de ellas con aislamiento de aire, en la que los conductores mantienen su separación mediante aisladores de politeno moldeados sobre ellos; otro tipo de línea bifilar es la llamada de cinta, cuyo material dieléctrico existe en toda la longitud de la línea, manteniendo los conductores paralelos en su interior. Se utilizan en el tipo de cinta conductores multifilares para conferirle flexibilidad, siendo el aislante un plástico de bajas pérdidas como el PVC, el polietileno o teflón. Normalmente tiene 300 Ω, y han sido muy utilizadas como bajadas de antena de televisión.

También se fabrican otras cintas más resistentes para ser utilizadas en transmisión. Como se comprenderá, la impedancia de esta línea es afectada por las inclemencias del tiempo, ya que es muy fácil que sobre ella se deposite polvo, agua, etc., modificando el factor dieléctrico y por tanto su impedancia; finalmente, existe cinta de 75 Ω.

El factor de velocidad en todos los tipos de cintas en tiempo seco es aproximadadamente de 0,82, llegando las pérdidas a 2 dB o más para longitudes de 30 metros y ondas de 100 MHz.

## 8.13 CABLES TRENZADOS

Podemos improvisar una línea de alrededor de 75 Ω de impedancia partiendo del hilo empleado en las instalaciones eléctricas comunes. Para ello sirven dos hilos de cobre de 2 mm cubiertos con plástico, retorcidos el uno sobre el otro. Esta línea además de barata no es fácilmente influible por la humedad, puede pasar relativamente cerca de objetos metálicos y su atenuación no llega a 3 dB cada 30 metros para frecuencias inferiores a 30 MHz; el factor de velocidad varía entre 0,6 y 0,7 dependiendo del aislante.

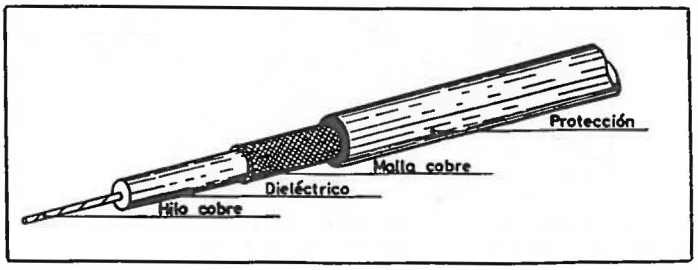



Figura 8.6 Cable coaxial.

## 8.14 LINEAS COAXIALES

La disposición de esta línea consiste en un conductor ubicado en el centro de la circunferencia que forma el otro conductor o sea que el primer conductor queda envuelto por otro de una forma equidistante (figura 8.6). Para mantener este espaciamiento equidistante se utilizan diversas materias dieléctricas, desde polietileno al teflón.

Todos los cables coaxiales de dieléctrico sólido se utilizan por su fácil instalación; el conductor exterior va envuelto en una capa de plástico para su protección (normalmente vinilo). El conductor central está formado por varios hilos de menor diámetro trenzados entre sí para darle mayor flexibilidad formando un conductor multifilar; entre éste y el exterior está el dieléctrico que debe tener las características de inalterabilidad, resistencia y una buena constante dieléctrica. El más común de los materiales usados para este fin es el polietileno, el cual permanece flexible con temperaturas comprendidas entre −40° y 80°C. Se trata de un material estable e inerte, de color gris claro translúcido que funde a 100°C y al solidificarse vuelve a su aspecto anterior.

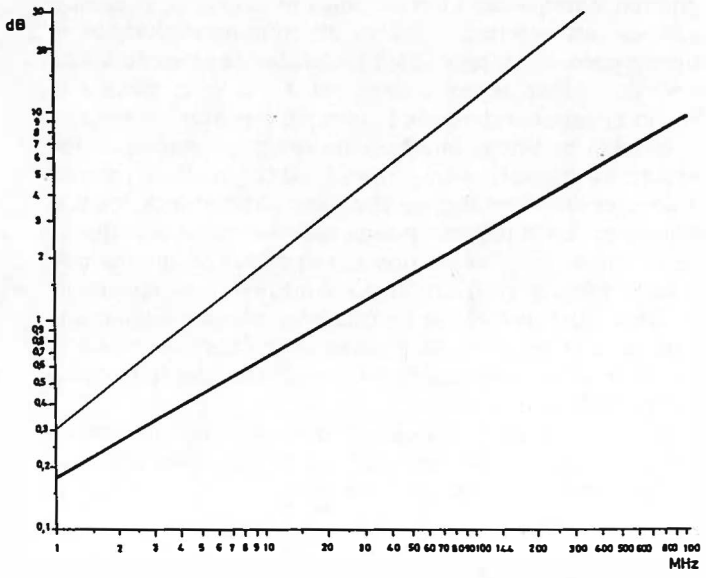



Figura 8.7 Atenuación según frecuencia para cada 30 metros de los coaxiales RG-8,8A, 9,9A, 11, 11A, 12, 12A, 13, 13A, 213, 214, 215 y 216 en trazo grueso. El trazo fino corresponde al modelo RG-58/U.

Los demás materiales dieléctricos empleados en el relleno, tales como la espuma de poliuretano y teflón, mejoran el factor de velocidad y de atenuación del cable.

La descripción anterior es para los cables coaxiales llamados flexibles que llevan la denominación RG/U seguida por un número para su identificación; son cables flexibles, entre otros, los números, 58,80, 55,59, 11, 12, etc. que pueden doblarse en cualquier dirección sobre unos radios muy pequeños y permiten arrollamientos y enderezamientos, lo cual es muy conveniente para alimentar antenas rotativas por permitir el enlace sin ninguna perturbación (tabla 8.1).

Para trabajos más pesados existen, dentro de la extensa gama RG.../U los referenciados 17, 18, 19 y 20, que tienen como conductor central un solo hilo grueso. Se consideran líneas semirrígidas que se pueden curvar sobre un radio superior a diez veces su diámetro y dejándolas fijas en esta posición una vez instaladas.

También existen líneas coaxiales cuyo dieléctrico es el aire o un gas inerte; en ellas el conductor central se mantiene equidistante del conductor exterior mediante unas cuentas de material aislante puestas a intervalos a lo largo del cable. Lo ideal sería que no existieran estos separadores, pero en la práctica esto es imposible. Estas líneas son las más eficientes pero son mucho más difíciles de instalar y solamente resultan prácticas para instalaciones permanentes de emisoras de TV o FM. En esencia consisten en dos tubos de cobre concéntricos en el interior de los cuales se mantiene aire seco o nitrógeno a baja presión. Quizá el lector se preguntará por qué no se hace el vacío en él; tiene el inconveniente de que la más pequeña fuga daría entrada al aire húmedo, provocando la pérdida de características del cable. Por el contrario, una fuga teniendo un gas a presión en su interior sólo origina una pérdida en el mismo, manteniendo las características del cable sin ningún otro problema.

| *Cable* | *Impedancia* | *Factor V* | *Atenuación en dB cada 30 m* |
|---|---|---|---|
| RG5/U | 52,5 | 0,659 | 2,9 |
| RG5B/U | 50 | 0,659 | 2,4 |
| RG6A/U | 75 | 0,659 | 2,9 |
| RG8A/U | 50 | 0,659 | 2 |
| RG9/U | 51 | 0,659 | 2 |
| RG9B/U | 50 | 0,659 | 2,1 |
| RG10A/U | 50 | 0,659 | 2 |
| RG11A/U | 75 | 0,66 | 2,3 |
| RG12A/U | 75 | 0,659 | 2,3 |
| RG13A/U | 75 | 0,659 | 2,3 |
| RG14A/U | 50 | 0,659 | 1,4 |
| RG16/U | 52 | 0,67 | 1,2 |
| RG17A/U | 50 | 0,659 | 0,8 |
| RG18A/U | 50 | 0,659 | 0,8 |
| RG19A/U | 50 | 0,659 | 0,68 |
| RG20A/U | 50 | 0,659 | 0,68 |
| RG21/AU | 50 | 0,659 | 13,00 |
| RG29/U | 53,5 | 0,659 | 4,4 |
| RG34A/U | 75 | 0,659 | 1,3 |
| RG34B/U | 75 | 0,66 | 1,4 |
| RG35A/U | 75 | 0,659 | 0,85 |
| RG54A/U | 58 | 0,659 | 3,1 |
| RG55/U | 53,5 | 0,659 | 4,8 |
| RG55A/U | 50 | 0,659 | 4,8 |
| RG58/U | 53,5 | 0,659 | 4,65 |
| RG58C/U | 50 | 0,659 | 4,9 |
| RG59A/U | 75 | 0,659 | 3,4 |
| RG59B/U | 75 | 0,66 | 3,4 |
| RG62A/U | 93 | 0,84 | 2,7 |
| RG74A/U | 50 | 0,659 | 1,5 |
| RG83/U | 35 | 0,66 | 2,8 |
| RG213/U | 50 | 0,66 | 1,9 |
| RG218/U | 50 | 0,66 | 1,0 |
| RG220/U | 50 | 0,66 | 0,7 |

Tabla 8.1 Características de cables coaxiales. Serie RG

En todos estos cables hay que mantener la excentricidad y los diámetros dentro de unas tolerancias mínimas, ya que se producirían fácilmente reflexiones, más apreciables en las bandas de VHF y UHF. Por esta razón, la impedancia característica de los cables con dieléctrico sólido está determinada más exactamente que la de los cables con dieléctrico de aire cuyos separadores o su instalación pueden provocar discontinuidades.

Para la conexión de los cables coaxiales existe en el mercado una amplia gama de accesorios y conectores que conservan la impedancia y presentan pocas pérdidas de inserción.

| *Cables Flexwell* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Tipo* | *Impedancia* | *Veloc. propag.* | *Capacidad* | *Potencia a 100 MHz* | *Aten. dB/100 m a 100 MHz* |
| HF 3/8" | 50 Ω | 89 % | 77 pF/m | 2,6 kW | 2,8 |
| HF 5/8" | 50 Ω | 92 % | 72 pF/m | 5 kW | 1,75 |
| HF 7/8" | 50 Ω | 93 % | 71 pF/m | 9,1 kW | 1,18 |
| HF 1 1/8" | 50 Ω | 92 % | 73 pF/m | 12,9 kW | 0,91 |
| HF 1 5/8" | 50 Ω | 95 % | 70 pF/m | 21 kW | 0,64 |
| HF 3" | 50 Ω | 96 % | 70 pF/m | 38 kW | 0,45 |
| HF 3 1/8" | 50 Ω | 96 % | 70 pF/m | 59 kW | 0,36 |
| HF 4 1/8" | 50 Ω | 97 % | 68 pF/m | 90 kW | 0,28 |
| HF 5" | 50 Ω | 96 % | 70 pF/m | 141 kW | 0,22 |
| HF 6 1/8" | 50 Ω | 97 % | 69 pF/m | 187 kW | 0,189 |
| HF 8" | 50 Ω | 97 % | 69 pF/m | 310 kW | 0,146 |
| HF 8"-S | 50 Ω | 98 % | 68 pF/m | 445 kW | 0,157 |
| HF 9"-SAI | 50 Ω | 98 % | 68 pF/m | 610 kW | 0,157 |
| HF 12"-S | 50 Ω | 98 % | 68 pF/m | 881 kW | 0,112 |

| *Cables Radiaflex* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Tipo* | *Impedancia* | *Velocidad propag.* | *Capacidad* | *Aten. dB/km a 100 MHz* | *Pérdida acoplm.* |
| AHF 7/17 | 50 Ω | 79 % | 85 pF/m | 26 | 70 dB |
| AHX 6/17 | 50 Ω | 66 % | 101 pF/m | 28 | 70 dB |
| AHX 4/11 | 50 Ω | 66 % | 101 pF/m | 41 | 67 dB |

| *Cables Cellflex* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Tipo* | *Impedancia* | *Velocidad propag.* | *Capacidad* | *Potencia a 100 MHz* | *Aten. dB/100 m a 100 MHz* |
| CF 1/4" | 50 Ω | 82 % | 82 pF/m | 1,46 kW | 4,5 |
| CF 3/8" | 50 Ω | 82 % | 82 pF/m | 2 kW | 3,5 |
| CF 1/2" | 50 Ω | 82 % | 82 pF/m | 3,4 kW | 2,4 |
| CF 1/8" | 50 Ω | 82 % | 81 pF/m | 6,8 kW | 1,36 |
| CF 1 5/8" | 50 Ω | 80 % | 81 pF/m | 14,3 kW | 0,84 |

| *Cable Cellflex ultra flexible* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Tipo* | *Impedancia* | *Velocidad propag.* | *Capacidad* | *Potencia a 100 MHz* | *Aten. dB/100 m a 100 MHz* |
| HCF 1/2" | 50 Ω | 75 % | 85 pF/m | 2,3 kW | 3,7 |

| *Cables Comflex* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Tipo* | *Impedancia* | *Velocidad propag.* | *Capacidad* | *Potencia a 100 MHz* | *Aten. dB/100 m a 100 MHz* |
| CX 2/6 | 50 Ω | 69 % | 97 pF/m | 1,35 | 5,3 |
| CX 4/12 | 50 Ω | 69 % | 97 pF/m | 3,2 | 2,9 |

Tabla 8.2 Características de cables coaxiales más modernos.

## 8.15 IMPEDANCIA DE LOS CABLES COAXIALES

Los cables coaxiales se han estandarizado en dos grandes grupos, según sea su impedancia característica: de 50 Ω y de 70 Ω.

Normalmente se fabrican de 52 y 75 Ω, aunque en Europa se está normalizando el cable coaxial de bajas pérdidas con una impedancia de 60 Ω.

La fórmula que permite calcular la impedancia de una línea coaxial con aislamiento de aire es:

$$Z_0 = 138 \log \frac{D}{d};\quad Z_0 = \text{impedancia en ohmios}$$

$D$ es el diámetro interno del conductor externo y $d$ es el diámetro del conductor interno.

Para el caso de usarse otro dieléctrico que no sea el aire la fórmula será:

$$Z_0 = \left(138 \log \frac{D}{d}\right) \times \frac{1}{\sqrt{K}};$$

$K$ = constante dieléctrica del material.

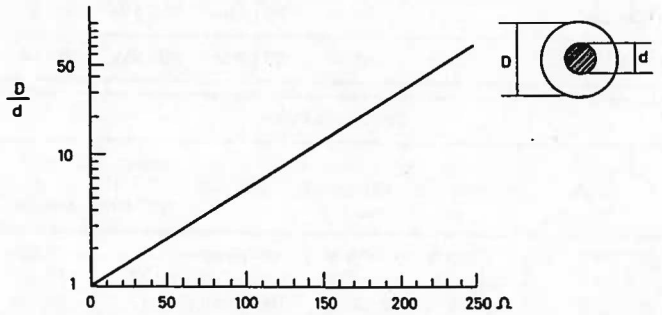



Figura 8.8 Impedancia de una línea coaxial con aislamiento de aire, en función de la relación de diámetros.

## 8.16 FACTOR DE VELOCIDAD

El factor de velocidad en el caso de líneas coaxiales con dieléctrico gaseoso es aproximadamente 1; en los cables de dieléctrico sólido va de 0,65 a 0,80. Normalmente los fabricantes lo especifican para cada tipo de cable, lo que permite expresar una línea que tenga una longitud física determinada en longitudes de onda.

La fórmula que permite calcular la longitud eléctrica en el espacio libre con factor de velocidad 1 es:

$$\frac{300}{f} = L \text{ (en metros)};\quad f = \text{frecuencia (en MHz)}$$

si este resultado lo multiplicamos por el factor de velocidad del cable que vayamos a utilizar tendremos la longitud física del cable correspondiente a la longitud de onda.

## 8.17 GUIAONDAS

Cuando la frecuencia de la onda electromagnética que circula por una línea de transmisión aumenta, las pérdidas se hacen mayores. Al trabajar con las frecuencias de microondas las pérdidas ocasionadas en las líneas convencionales las hacen inutilizables y la transmisión hay que hacerla a través de tubos, dimensionados transversalmente según las longitudes de onda que se tenga que transmitir. Generalmente la sección de estos tubos llamados «guiaondas» tiene forma rectangular; por el interior de ellos la onda se propaga en forma de campos eléctrico y magnético y llamados *modos*.

El modo transversal eléctrico se da cuando la energía del campo eléctrico es transversal al eje del guiaondas y el campo magnético es coaxial; abreviadamente se indica con la letra TE.

El modo transversal magnético, TM, se da cuando el campo magnético es transversal al eje del guiaondas y el eléctrico coaxial.

Para designar las características del guiaondas se emplean las letras TE o TM según hemos visto anteriormente y dos subíndices numéricos, el primero de ellos indica el número de características transversales de media onda que existen a lo largo de una sección transversal en su dimensión más corta; el segundo indica el número de características transversales en la dimensión más larga.

El guiaondas tiene una frecuencia de corte, para la cual las frecuencias más bajas a ella no se propagan. Se representa por $\lambda_c$ y para el modo dominante corresponde al doble del ancho del guiaondas o sea: $\lambda_c = 2a$.

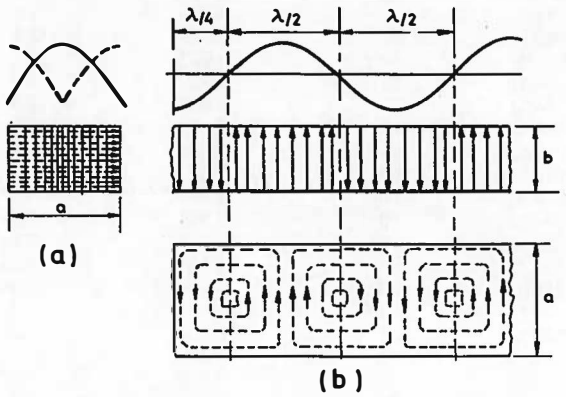



Figura 8.9 Guiaondas: *a*) Sección transversal. *b*) Distribución del campo magnético a lo largo de un guiaonda rectangular. Las líneas discontinuas representan el campo magnético, mientras que las continuas el campo eléctrico.

La longitud de onda en la guía en sentido axial corresponde a la variación de un ciclo en la configuración del campo, su valor es:

$$\lambda_c = \frac{1}{1 - (\lambda/\lambda_c)^2}$$

$\lambda$ es la longitud de la onda y $\lambda_c$ es la longitud de la frecuencia de corte.

La impedancia de un guiaondas para el modo TE viene determinada por

$$Z = 377 \frac{\lambda_g}{\lambda} \quad \text{y para el modo TM } Z = \frac{\lambda}{\lambda_g}$$

$\lambda_g$ es la longitud de la onda en la guía.

Al igual que en las demás líneas de transmisión, los guiaondas tienen atenuaciones, pero al no tener dieléctrico sólido son mucho más pequeñas, al no tener ninguna clase de radiación.

| *Tipo* | *E20* | *E26* | *E30* | *E38* | *E48* | *E54* | *E62* | *E65* | *E68* | *E70* | *E80* | *E100* | *E110* | *E130* | *E150* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Frecuencia GHz | 1,7-2,4 | 2,3-2,9 | 2,35-3,1 | 3,4-4,2 | 4,2-5 | 5-6 | 5,4-6,5 | 5,9-7,15 | 6,4-7,15 | 6,4-7,75 | 7,1-7,8<br>7,7-8,5 | 8,5-10 | 9,5-11,7 | 10-13,25 | 14,4-15,35 |
| Factor de reflexión | 0,03 | 0,035 | 0,025 | 0,02 | 0,025 | 0,035 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,025<br>0,02 | 0,025 | 0,015 | 0,02 | 0,02 |
| Atenuación dB/100 m | 1,05-1,5 | 1,35-1,8 | 1,4-2 | 2,1-2,55 | 4-5,6 | 3,9-5 | 4,2-5,4 | 4,3-4,9 | 4,7-6 | 4,6-5,4 | 6,4-7,8 | 8,4-10,2 | 10,3-12,5 | 11,2-13,9 | 15 |
| Dimensiones mm | 144 × 81 | 112 × 69 | 111 × 65 | 84 × 61 | 58 × 45 | 54 × 36 | 49 × 33 | 53 × 33 | 47 × 31 | 48 × 28 | 40 × 27 | 34 × 23 | 31 × 21 | 29 × 18 | 24 × 17 |

Tabla 8.3 Características de guiaondas (Flexwell).

La energía es transferida hacia fuera o hacia dentro del guiaondas a través de ranuras practicadas en sus paredes. También se puede hacer mediante un bucle que corte las líneas magnéticas o una antena o sonda colocada paralela a las líneas eléctricas.

En el caso de utilizar ranura, el acoplamiento es eléctrico cuando estas líneas pasan al espacio externo, siendo el tamaño, forma y orientación de la ranura lo que caracteriza la naturaleza y el grado de acoplamiento.

## 8.18 OTRAS APLICACIONES DE LAS LINEAS DE TRANSMISION

Hemos visto las aplicaciones de las líneas de transmisión para conducir la energía electromagnética de un punto a otro, pero pueden tener otras aplicaciones. Se pueden utilizar líneas resonantes de bajas pérdidas en el espectro de VHF y UHF como circuitos resonantes en serie o paralelo. Es posible conseguir un alto $Q$ donde los circuitos normales con condensadores y bobinas son ineficaces.

La longitud de estos circuitos resonantes son normalmente de media o de un cuarto de onda, obteniendo el mayor $Q$ para las de cuarto de onda (figura 8.10).

### 8.18.1 Filtros eléctricos

Es posible utilizar secciones de cuarto de onda o media onda para la supresión de radiaciones o recepciones espurias, utilizándolas como filtros ya sea del tipo de paso bajo, de paso alto o de paso banda como sustitutos de filtros con elementos concentrados.

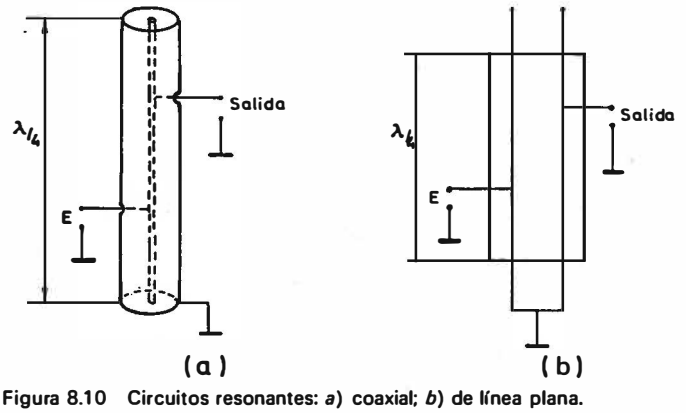



Figura 8.10 Circuitos resonantes: *a*) coaxial; *b*) de línea plana.

### 8.18.2 Reactancias de pequeñas pérdidas

Podemos utilizar trozos de línea como reactancias de bajas pérdidas para eliminar o suprimir componentes reactivas y de esta forma obtener una buena adaptación de la línea con la antena o con el receptor (figura 8.11). Cuando en una línea existen ondas estacionarias, sobre ellas hay unos puntos (nodos de tensión o de intensidad) en la que la componente resistiva es igual a la impedancia. Si en uno de estos puntos se dispone en paralelo una reactancia igual y de sentido opuesto a la reactancia que existe en este punto, la línea quedará libre de ondas estacionarias desde este punto a la alimentación. Esta reactancia puede construirse con un trozo de línea igual a la de transmisión, o sea, de la misma impedancia. Para colocar este trozo de línea se busca el punto más próximo a la antena o carga, siendo necesario en la práctica retocar el mismo que hemos encontrado a través del cálculo.

Para obtener una buena adaptación, en el caso de líneas bifilares abiertas el problema se reduce a tantear alrededor del punto con el trozo de línea o sección que tendrá la longitud ajustable. Para líneas coaxiales este sistema es más laborioso, ya que puede variarse el trozo de línea en cortocircuito pero no el punto de conexión; entonces se toman dos trozos de línea de longitud variable, cuarto de onda si se pone en cortocircuito y media onda si se dejan las

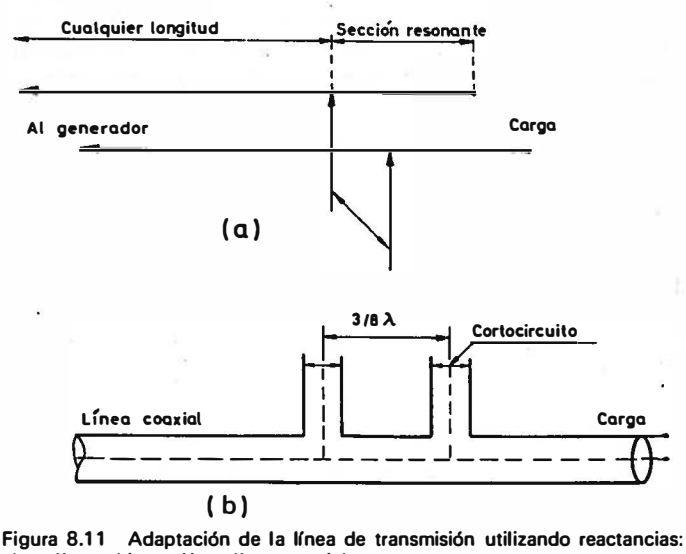



Figura 8.11 Adaptación de la línea de transmisión utilizando reactancias: *a*) en línea abierta; *b*) en línea coaxial.

líneas abiertas y se colocan separados unos 3/4 de longitud de onda sobre la línea principal, de tal manera que al ajustarlos se logra cancelar la reactancia, de la misma manera que actuaba una sola sección en la línea abierta.

### 8.18.3 Secciones adaptadoras de impedancia

Una sección de línea de una longitud de cuarto de onda o múltiplos impares de ella (figura 8.12*a* y *b*), tiene la propiedad de poder ser utilizada como transformador de impedancias, ya que en la frecuencia para la que ha sido cortada se cumple la siguiente condición:

$$Z_0 = \sqrt{Z_e \cdot Z_s}$$

en donde $Z_0$ es la impedancia de la línea de cuarto de onda, $Z_e$ es la impedancia de entrada y $Z_s$ es la de salida, o sea, que en una línea de cuarto de onda, la media geométrica de las impedancias de los extremos es igual a la impedancia característica de ella.

También podemos pasar de una línea desequilibrada, coaxial (figura 8.12*c* y *d*), a una carga equilibrada, utilizando para ello un manguito de un cuarto de onda situado en el extremo de la línea. Este manguito actúa como conductor exterior del cable coaxial en el último cuarto de onda y la malla queda al aire, de tal manera que la impedancia no se modifica.

Igualmente podemos pasar de una línea asimétrica o desequilibrada (figura 8.12*e*) a otra simétrica con una relación de impedancias de uno a cuatro, por medio de una longitud de línea de media onda. En este sistema se utiliza la propiedad inversora de fase que tienen las líneas de media onda, cuya explicación de funcionamiento es que en la línea equilibrada hay la misma tensión entre cada uno de los conductores y tierra que entre el conductor central y tierra, teniendo así una relación de tensión de 2 o una variación de impedancia de 4.

Para el cálculo de las líneas de un cuarto de onda o media onda, hay que tener presente la frecuencia en que van a trabajar, pues son dispositivos de banda estrecha que sólo actúan en un margen muy pequeño alrededor de la frecuencia para la que han sido diseñados, así como tener en cuenta el factor de velocidad de las líneas empleadas.

Existe un adaptador a base de línea coaxial, que no adolece de estos defectos, ya que permite pasar de la línea desequilibrada a los terminales equilibrados conservando su impedancia. Se trata de una bobina de 9 espiras hecha con una longitud de 4,90 metros de cable coaxial RG 8/U para una impedancia de 52 Ω, y de RG 11/U para 75 Ω, sobre un diámetro de 17,1 centímetros. En un extremo se unen los

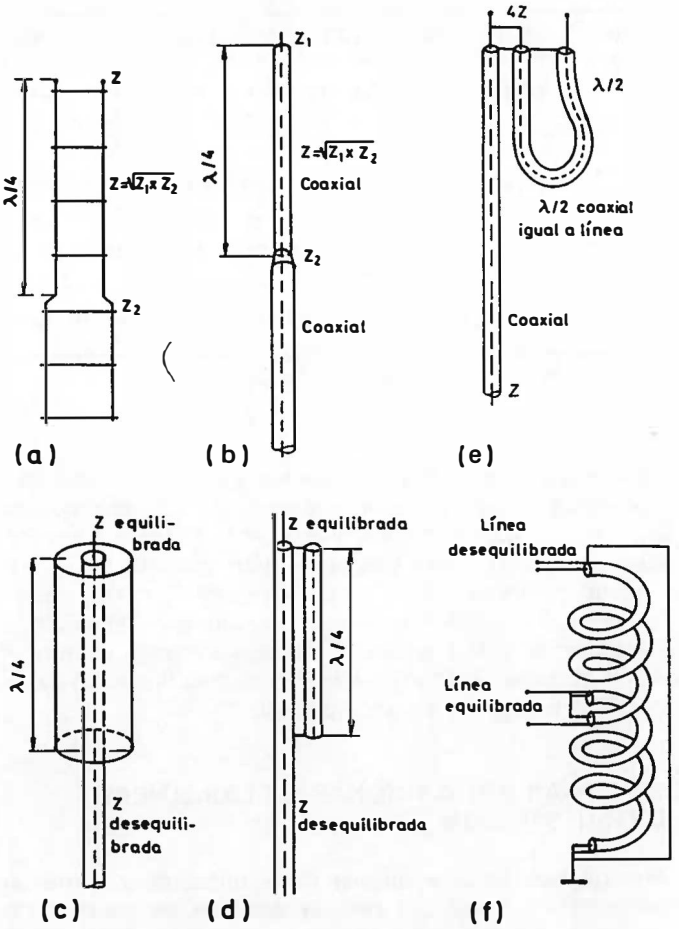



Figura 8.12 Secciones adaptadoras de impedancias: *a*) para línea bifilar; *b*) para línea coaxial; *c*) y *d*) paso de línea desequilibrada a línea equilibrada (conservando la impedancia); *e*) paso de línea desequilibrada a equilibrada con una relación de impedancia de 1:4; *f*) transformador de banda ancha de 6 a 30 MHz.

conductores exterior e interior y se conectan al punto común de tierra; por el centro se retira unos dos centímetros de malla. Los conductores centrales y la malla del trozo del coaxial cuyo extremo hemos cortocircuitado se unen entre sí para tener un punto de la salida equilibrada; el otro punto será la malla del coaxial sin cortocircuito, en cuyo extremo irá conectada la línea (el conductor central con el central, la malla con la malla y a la vez a masa). Este adaptador funcionará en un amplio margen de frecuencias cubriendo las bandas de HF de los radioaficionados.

# antenas

9

*José M.ª Gené Llagostera*

## 9.1 INTRODUCCION

Físicamente una antena consiste en uno o varios conductores colocados a una cierta altura del suelo, que transmiten o captan energía electromagnética.

En el diseño de las antenas se busca siempre la mayor efectividad, es decir, que radien el mayor porcentaje de energía que llegue a ella, o que capten la mayor energía posible para unas frecuencias determinadas. Para ello tienen que cumplir una serie de requisitos, como son dimensiones, impedancia, etc.

Las características de una antena son las mismas tanto si se usa para transmitir como para recibir, por lo cual se puede decir que toda buena antena en transmisión también será una buena antena en recepción.

## 9.2 DIRECTIVIDAD

Alrededor de una antena transmisora podemos medir la intensidad de campo producida por la onda electromagnética radiada; uniendo todos los puntos de igual intensidad, trazamos una curva que corresponderá al lóbulo de radiación de la antena; si las medidas se han tomado en el plano horizontal, la curva que obtenemos nos da el lóbulo de radiación horizontal y si están tomadas en el plano vertical tendremos el lóbulo de radiación vertical.

Las antenas se pueden clasificar según su directividad en el plano horizontal; si el lóbulo de radiación es parecido a una circunferencia con centro en la antena es omnidireccional (figura 9.1); si la radiación es en dos direcciones opuestas, la antena es bidireccional (figura 9.2) y cuando el lóbulo de radiación está en una sola dirección, la antena es direccional (figura 9.3). Las antenas direccionales, además

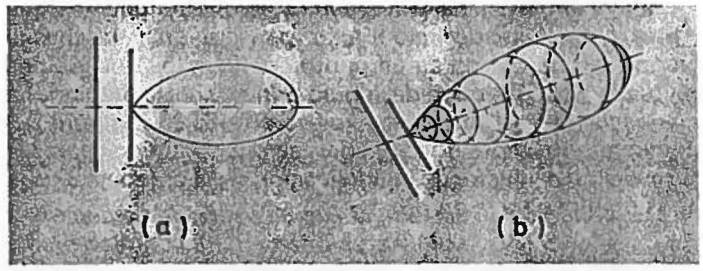



Figura 9.3 Antena unidireccional; *a*) lóbulo horizontal; *b*) en perspectiva.

del lóbulo principal tienen otros más pequeños en otras direcciones; la diferencia entre el lóbulo de radiación principal y el de dirección opuesta, nos da la relación delante-detrás o eficacia directiva de la antena.

## 9.3 RADIADOR ISOTROPICO

Se llama radiador isotrópico a una antena imaginaria que radiase igual energía exactamente en todas las direcciones; esta antena estaría en el centro de una esfera en la que todos los puntos de su superficie recibirían la misma cantidad de energía.

El radiador isotrópico sólo existe teóricamente, ya que un punto situado en el centro de la esfera no puede ser una antena, puesto que ésta exige unas dimensiones físicas de acuerdo con la frecuencia de trabajo y por lo tanto tendrá una mayor radiación hacia unos puntos que hacia otros.

La antena isotrópica situada en el punto O de la esfera (figura 9.4) iluminará a toda ella, pero una antena direccional situada en el mismo punto sólo radia sobre la parte punteada la energía que se repartirá sobre toda la esfera.

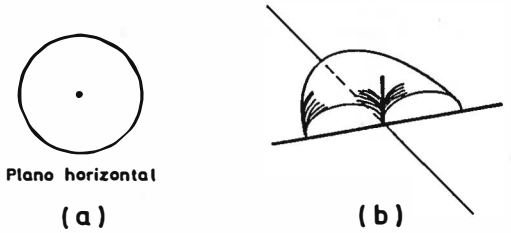



Figura 9.1 Antena omnidireccional: *a*) diagrama de radiación en el plano horizontal; *b*) lóbulo de radiación en perspectiva.

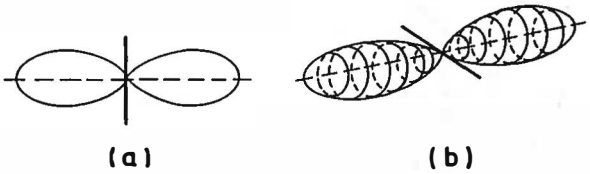



Figura 9.2 Antena bidireccional; *a*) lóbulo horizontal; *b*) en perspectiva.

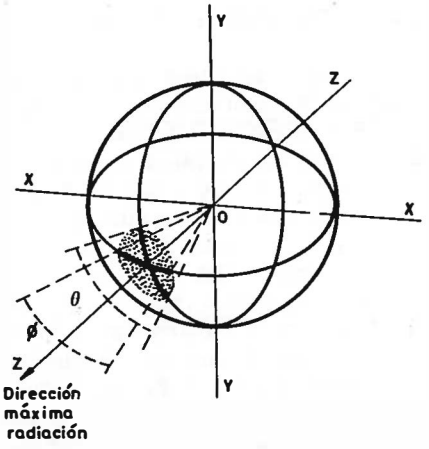



Figura 9.4 Un radiador isotrópico puesto en el centro O iluminaría toda la esfera; una antena direccional desde el mismo centro concentra la energía en el área sombreada, siendo la ganancia de potencia de la antena: superficie de la esfera dividido por la superficie sombreada ($\Phi$ = ángulo horizontal, $\theta$ = ángulo vertical).

Queda en este caso concentrada en una superficie más pequeña, y la intensidad de señal será mayor que antes.

La ganancia en potencia de una antena sobre el radiador isotrópico viene dada por la fórmula:

$$\frac{52.500}{\Phi \times \Phi}$$

en donde $\Phi \times \Phi$ representa el área de la elipse.

La ganancia de una antena es la relación o cociente entre la potencia entregada a la antena y la que tendríamos que entregar al radiador isotrópico para obtener la misma intensidad de campo en un punto común a los dos lóbulos (situado en la dirección del lóbulo principal de la antena). La ganancia de una antena se expresa en dB. En la figura 9.5 tenemos un gráfico en papel semilogarítmico para la conversión del factor de multiplicación de la potencia o de la tensión a ganancia en dB.

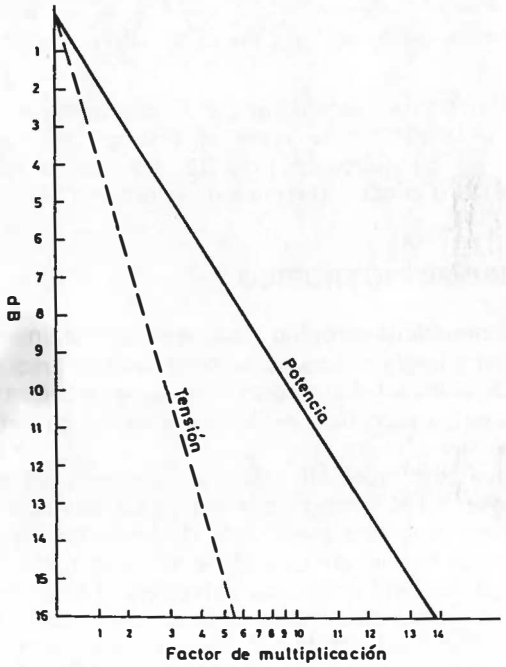



Figura 9.5 Conversión de los factores de multiplicación de potencia o de tensión a ganancia en dB y viceversa.

## 9.4 RESONANCIA DE UNA ANTENA

Para que una antena dé un buen rendimiento, tiene que resonar a la frecuencia de trabajo y tener cancelada la componente reactiva. Cuando esto se realiza, para una misma potencia entregada circulará corriente mayor. La resonancia de una antena se logra si a lo largo de ella se establecen vientres y nodos de intensidad y en función del número de semiondas que pueda contener (figura 9.6).

Para el caso de una antena aislada de tierra, la medida de resonancia será igual a media longitud de onda y sus múltiplos pares, ya que en los extremos de la antena sólo pueden existir nodos de intensidad. Tratándose de una antena vertical conectada a tierra por un extremo (figura 9.7), la longitud más corta en que se obtiene la resonancia es un cuarto de onda; la distribución de las ondas estacionarias en este tipo de antena no admite más que un nodo de corriente en su extremo y un nodo de tensión a la altura de la toma de tierra. Por lo tanto una antena vertical con toma de

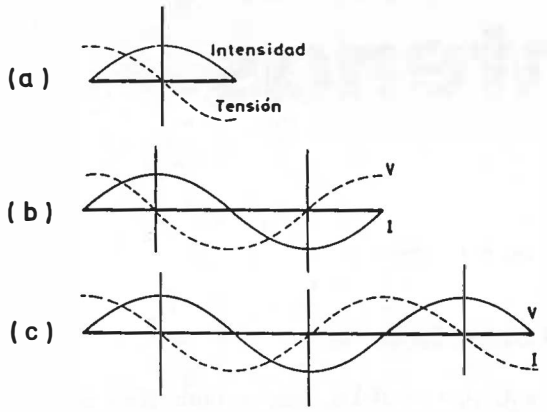



Figura 9.6 Resonancia de una antena horizontal: *a*) media onda; *b*) onda completa; *c*) 3/2 de onda.

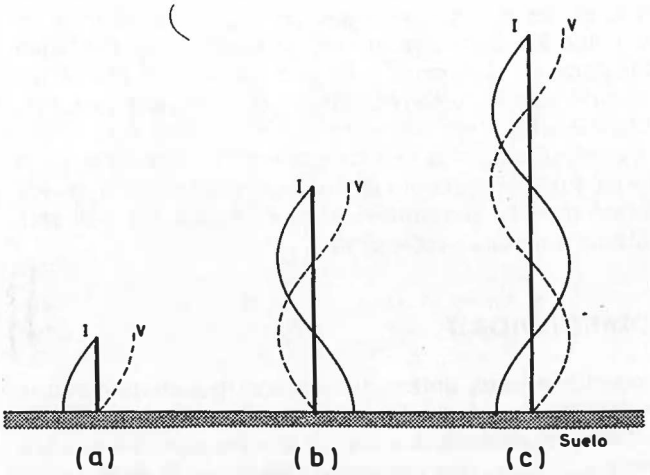



Figura 9.7 Resonancia de diversas antenas verticales: *a*) cuarto de onda; *b*) 3/4 de onda; *c*) onda y cuarto.

tierra resonará cuando tenga una longitud de un cuarto de onda o un múltiplo impar de ella.

La longitud eléctrica de una onda de radiofrecuencia está relacionada con la velocidad de propagación de las ondas en el espacio y con su frecuencia:

$$L = \frac{300.000}{F}$$ ; $L$ en metros y $F$ en Hz.

La longitud física de una antena siempre será menor que su longitud eléctrica a causa de objetos próximos, de la relación longitud/diámetro (figura 9.8) y del efecto de los

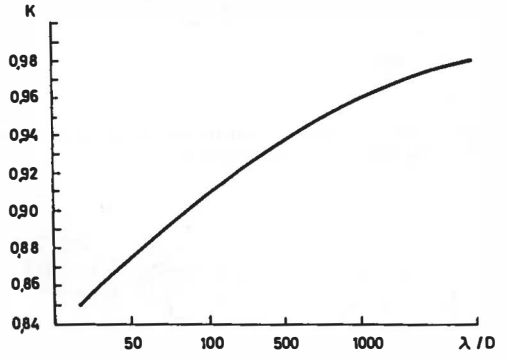



Figura 9.8 Factor K de acortamiento, según la relación longitud de onda/diámetro del conductor.

aisladores en las puntas de la antena; en la práctica se puede calcular la semionda física por la fórmula:

$$L = \frac{143 \times K}{F}$$

$K$ está dada en la figura 9.8 y $L$ se expresa en metros.

## 9.5 IMPEDANCIA DE UNA ANTENA

Impedancia es la relación que existe en un punto de la antena entre la tensión y la intensidad; si alimentamos a una antena con la frecuencia que corresponde a su resonancia, la impedancia coincide con la resistencia de radiación. En el punto de alimentación tendremos un máximo de corriente creado por la potencia entregada (figura 9.9), la cual será disipada por la antena.

Conociendo la potencia suministrada a la antena y la corriente de la misma en el punto de alimentación, la fórmula de Joule:

$$R = \frac{W}{I^2}$$

permite hallar el valor de la resistencia o la impedancia de la antena. Este dato es válido cuando la antena está alimentada en un punto de máxima intensidad, de tal manera que cuando nos alejamos de él, la impedancia crece llegando a varios miles de ohmios en los extremos de la antena en donde tenemos los mínimos de intensidad.

Cuando la antena es alimentada cerca de un máximo de intensidad, la impedancia es baja, diciéndose entonces que está alimentada en corriente. Hay casos en los que la antena está alimentada en un punto de mínima corriente o sea, un máximo de tensión; entonces su impedancia es alta y se dice que está alimentada en tensión (figura 9.9*b*). La relación longitud/diámetro de la antena tiene influencia en su impedancia (figura 9.10).

## 9.6 ANCHURA DE BANDA

La gama de frecuencias en que puede funcionar una antena sin sobrepasar el límite prefijado de ondas estacionarias en la línea de alimentación, es denominada *anchura de banda.*

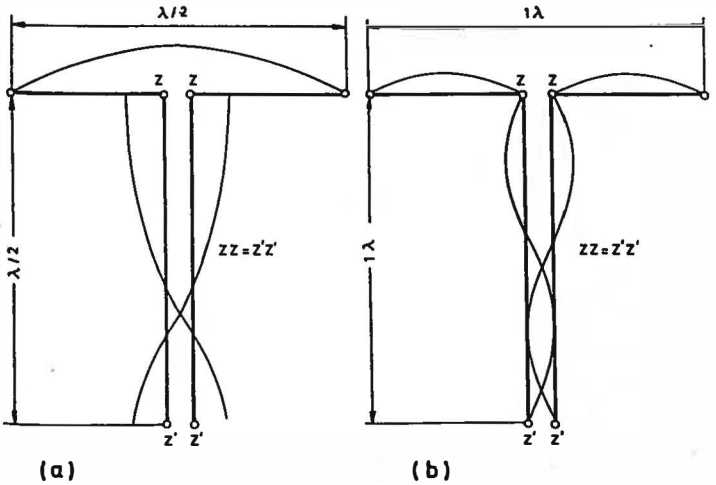



Figura 9.9 Distribución de la corriente en una antena horizontal: *a*) de media onda; *b*) de una onda completa y bajada correspondiente.

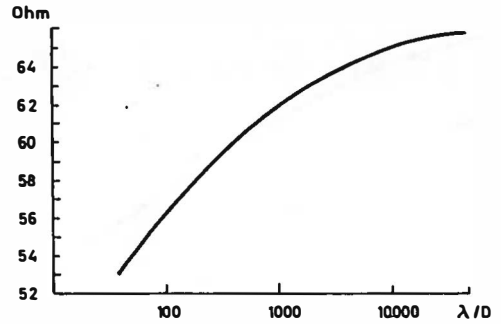



Figura 9.10 Variación de la impedancia según relación: longitud de onda/diámetro del conductor.

La impedancia del punto de alimentación de una antena construida con elementos gruesos, varía menos que en una de elementos delgados, lo que indica que una antena con un Q bajo permite mayor anchura de banda que una con un Q alto, la cual sólo podrá ser utilizada en un margen muy estrecho de frecuencias.

Podríamos dar otras definiciones de la anchura de banda de una antena, atendiendo a factores tales como ganancia, impedancia, etc. pero estas características van ligadas al margen de frecuencia de funcionamiento.

La ganancia y la impedancia limitan normalmente el margen de funcionamiento en la región de frecuencias de HF, mientras que el cambio de características limita el margen de las de VHF.

## 9.7 POLARIZACION

La dirección de la componente eléctrica de la onda electromagnética radiada por una antena determina la polarización de la misma; para antenas rectilíneas esta polarización coincide con la posición de la antena horizontal o vertical con respecto al suelo (figura 9.11). En el caso de que la antena esté inclinada, tendrá parte horizontal y parte vertical; otras antenas radian con otros tipos de polarización; entre las más conocidas están la elíptica y la circular que a la vez pueden ser a derecha o a izquierda, según el sentido de giro del campo eléctrico.

## 9.8 ANGULO DE RADIACION

Se llama ángulo de radiación de una antena al ángulo que forma el eje de su lóbulo de radiación principal con el horizonte. Este ángulo se mide en el plano vertical y viene determinado por el diagrama de radiación de la antena, por la altura de la antena respecto al suelo y por la naturaleza del mismo; tiene gran importancia para lograr mayores distan-

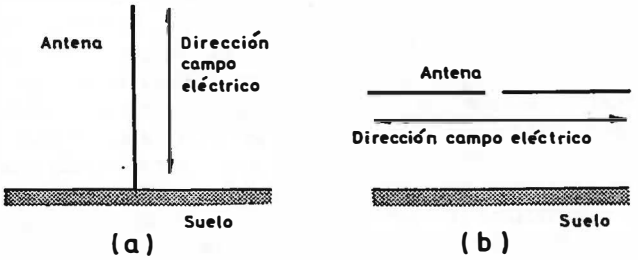



Figura 9.11 Polarización de una antena; *a*) vertical, *b*) horizontal.

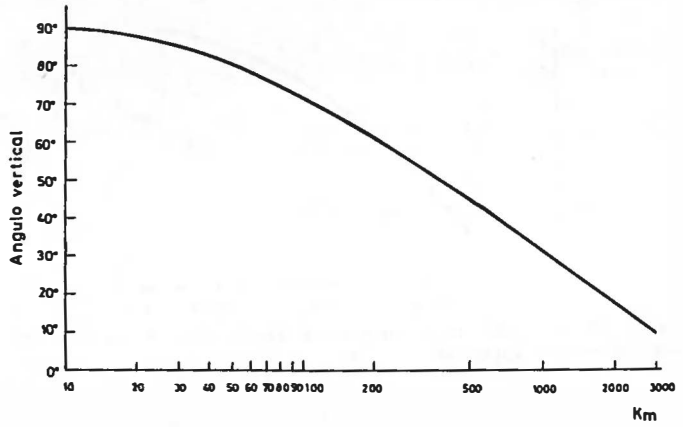



Figura 9.12 Distancia que se puede conseguir con un salto, según el ángulo vertical de radiación.

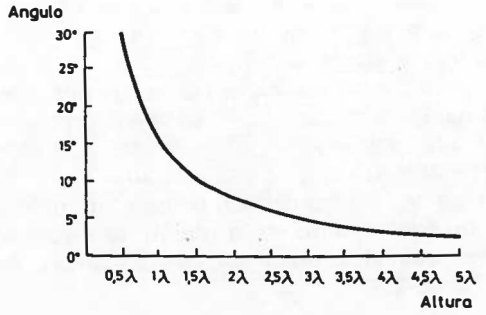



Figura 9.13 Angulo vertical de radiación en función de la altura de la antena sobre el suelo.

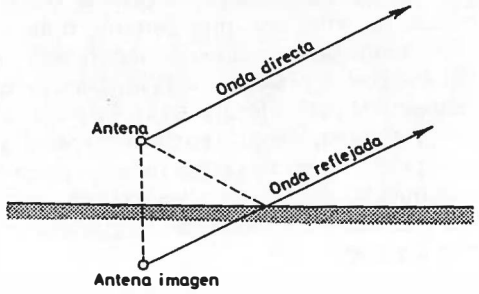



Figura 9.14 Efecto del suelo sobre una antena.

cias de salto en un circuito (figura 9.12). Si se trata de antenas de HF situadas cerca del suelo en relación con la longitud de onda, el suelo afectará al ángulo de radiación (figura 9.13), ya que parte de la energía radiada por la antena es reflejada por el suelo y devuelta al espacio (figura 9.14).

Si el suelo es buen conductor, se forma una antena imagen y de ella parte otra onda; el total del campo radiado es la resultante de la componente de la onda radiada por la antena y la componente de la onda radiada por la antena imagen. Dado que la onda reflejada por el suelo ha recorrido un espacio más largo que la directa, puede darse el caso en que las ondas directa y reflejada lleguen a un punto en fase y se sumen, o que lleguen desfasadas y se resten, dando una menor intensidad de campo; este efecto es diferente según sea la polarización de la antena, ya que en la antena imagen hay una inversión de las cargas eléctricas y las ondas polarizadas horizontalmente sufren un desfase de 180°,

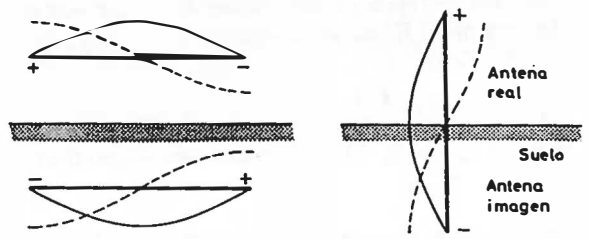



Figura 9.15 Formación de la antena imagen.

mientras que las polarizadas verticalmente no sufren variación (figura 9.15).

## 9.9 LA ANTENA DIPOLO

La antena dipolo o antena de media onda es una de las más simples de construir. Está formada por un solo hilo de longitud aproximada a media longitud de onda; a partir de esta antena se han creado otras antenas más complejas.

La resistencia de radiación de una antena dipolo en el espacio es de 73 Ω, siempre que la relación de su longitud física y el diámetro del conductor con que esté realizada sea muy grande. Se puede considerar que su resistencia puede variar entre 50 y 73 Ω para casos prácticos, dependiendo de varias circunstancias como son su construcción física (aisladores, conductor) y su instalación (situación respecto al suelo) (figura 9.16).

La resistencia de radiación o impedancia depende en una muy pequeña parte del conductor empleado; si utilizamos un conductor de gran diámetro, la capacidad de la antena aumenta, mientras que a la vez disminuye la inductancia. La mayor relación inductancia/capacidad hace que la antena tenga un Q más alto y su ancho de banda quede limitado a unos pocos kilohercios y viceversa.

Para frecuencias de hasta 30 MHz el cálculo de la longitud de una antena dipolo es bastante exacto empleando la fórmula:

$$L = \frac{150 \times K}{F \text{ en MHz}} = \frac{150 \times 0{,}95}{F} = \frac{142{,}5}{F}$$

$L$ = Longitud del dipolo en metros
$K$ es una constante en la que interviene la relación

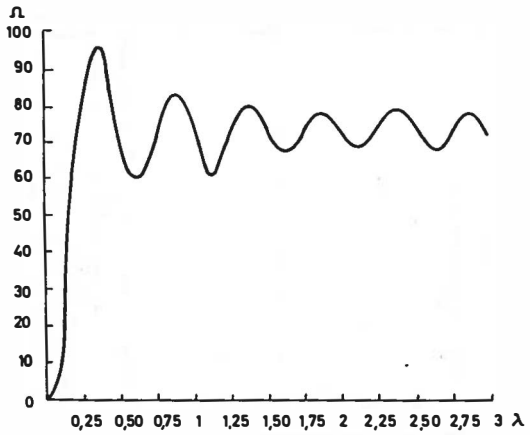



Figura 9.16 Variación de la resistencia de radiación de un dipolo horizontal, según su separación del suelo expresada en longitudes de onda.

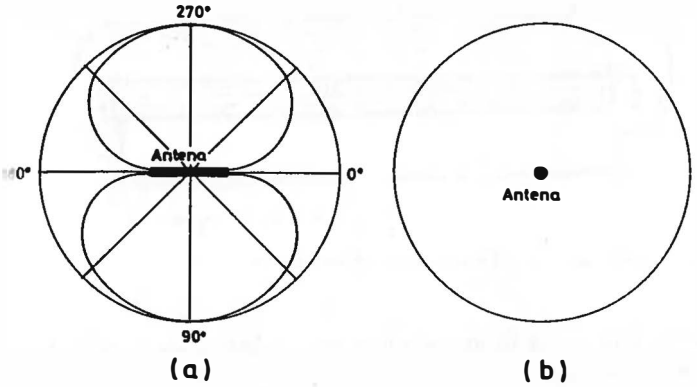



Figura 9.17 Diagrama de radiación horizontal; *a*) dipolo horizontal; *b*) vertical.

diámetro/longitud; $K=0{,}93$ para una relación de 10; $K=0{,}94$ para una relación de 20; $K=0{,}95$ para la relación de 25 y $K=0{,}96$ para una relación de 75. Para relaciones mayores puede emplearse $K=0{,}97$.

Un ejemplo práctico de cálculo lo podemos ver en el diseño de una antena dipolo para la frecuencia de 14,250 MHz: dicha antena tendrá una longitud de 142,5 dividido por 14,250 lo que nos da 10 metros. La longitud total de la antena hay que medirla de extremo a extremo de los conductores o sea midiendo la longitud de los dos hilos conductores más la del aislador de espaciamiento central.

El lóbulo de radiación del dipolo no es uniforme, por lo que la máxima radiación se realiza según la perpendicular al punto medio, decreciendo hacia sus extremos, para ser nula a lo largo de la dirección del mismo (figura 9.17).

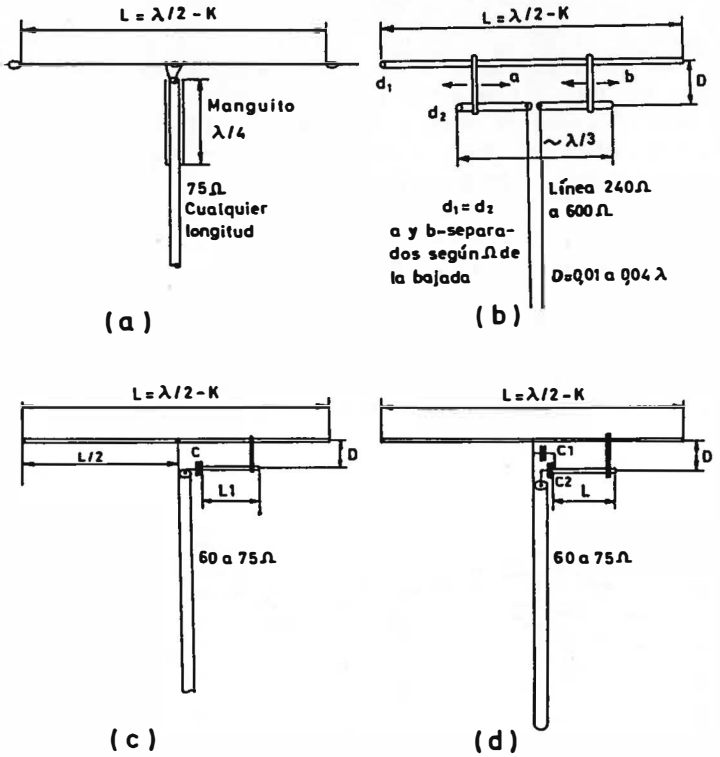



Figura 9.18 Dipolo con adaptaciones a diversas líneas: *a*) sobre línea de 75 Ω; *b*) adaptación para línea abierta; *c*) adaptación gamma; *d*) adaptación omega.

Hay varias posiciones para poder colocar un dipolo respecto al suelo; las más importantes son la horizontal y la vertical. Cuando está horizontal, la intensidad de campo depende de la situación del punto de recepción respecto a la antena; en el caso de dipolo en posición vertical, la situación del punto de recepción no afectará a la intensidad de campo recibida, ya que la radiación del dipolo vertical es uniforme en el plano horizontal.

Para alimentar una antena dipolo tenemos diversos sistemas (figura 9.18). Cuando la alimentamos en potencia, la corriente será máxima en el centro y va decreciendo hasta anularse en los extremos. La tensión será máxima en los extremos y nula en el centro, en donde la impedancia o resistencia de radiación es aproximadamente 70 Ω, por lo que lo más sencillo es alimentar la antena con una línea de 75 Ω, ya sea abierta o coaxial. Si usáramos línea coaxial, tendríamos que intercalar un medio (balun) para lograr la simetría, ya que si no lo instalamos pasamos de una línea desequilibrada a una antena equilibrada, produciendo una desviación en el lóbulo de radiación, así como la circulación de corrientes por la malla del coaxial.

Todo lo dicho es referente a una antena dipolo hecha con hilo de cobre de 1 a 2 mm de diámetro, aislando las puntas y el centro por medio de aisladores. A título orientativo las medidas para diversos dipolos según frecuencias son:

3,5 a 3,8 MHz = 36,90 m; 7 a 7,3 MHz = 19,97 m; 14 a 14,3 MHz = 10,06 m; 21 a 21,4 MHz = 6,74 m; 28 a 30 MHz = 4,97 m.

## 9.10 DIPOLO PLEGADO

Esta antena está construida con dos conductores paralelos, como si se tratara de una línea abierta, con los extremos cortocircuitados; la bajada se conecta en el centro de uno de los conductores (figura 9.19). La longitud entre extremos es la misma que para el dipolo unifilar, siendo la impedancia una de las principales características del dipolo plegado (unos 240 Ω), lo que permite su conexión a una línea de transmisión de 300 Ω.

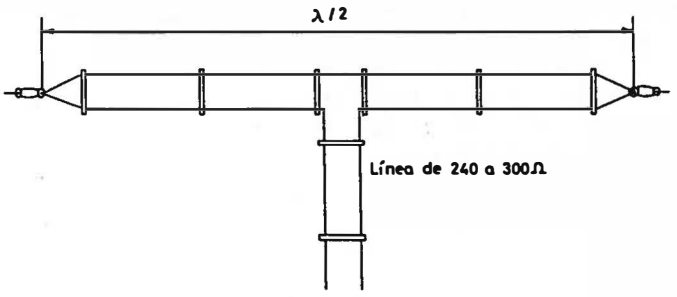



Figura 9.19 Dipolo bifilar plegado, alimentado con línea abierta.

En el caso de un dipolo plegado, la corriente se divide entre los dos conductores, y la resistencia queda multiplicada por cuatro; si se trata de más conductores en el dipolo, la intensidad se divide por el número de ellos y la resistencia queda multiplicada por el número de conductores elevado al cuadrado.

Es posible construir un dipolo plegado utilizando línea de cinta de 300 Ω, de la utilizada para bajadas de TV; en este caso para el cálculo de su longitud hay que tener en cuenta el factor de velocidad de la línea (figura 9.20).

Si tenemos una línea de transmisión o bajada de 600

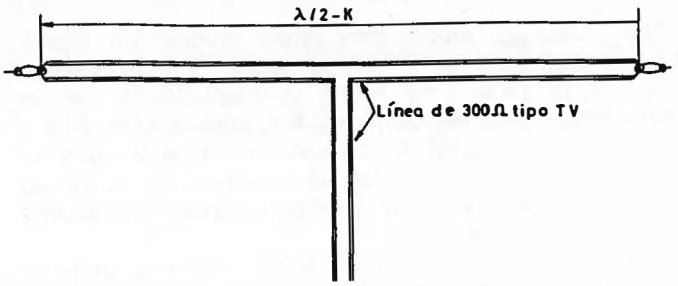



Figura 9.20 Dipolo plegado hecho con línea de 300 Ω tipo TV.

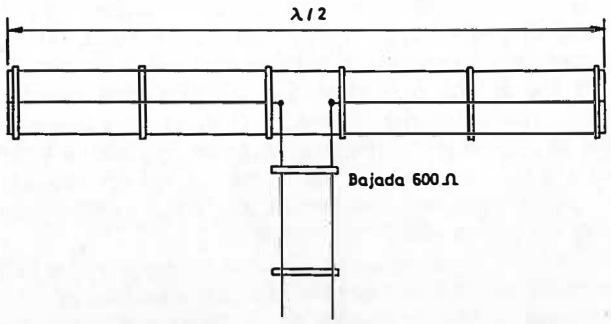



Figura 9.21. Dipolo trifilar

ohmios y queremos utilizarla, podemos confeccionar un dipolo trifilar, adoptando un dipolo normal al que añadimos a corta distancia y en paralelo dos cables o hilos de la misma longitud (figura 9.21).

La impedancia en el centro de un dipolo unifilar es de unos 70 Ω, pero a medida que nos separamos de él, la impedancia aumenta de manera que, si situamos la bajada en dos puntos equidistantes del centro y separados entre sí una distancia, en metros, igual a 35,7 partido por la frecuencia en MHz, tendremos 600 Ω para poder conectar una línea de bajada de esta impedancia (figura 9.22). Este sistema de adaptación se conoce con el nombre de «delta» por su forma característica; la principal ventaja que presenta sobre el dipolo partido es que no se necesita el aislador central, dando mayor rigidez y evitando las pérdidas que puede ocasionar especialmente con grandes potencias, humedad, polvo, etc.

Es posible obtener mayores relaciones de impedancia, partiendo de dipolos plegados, en que los dos conductores tengan diferentes diámetros. La fórmula que permite determinar esta relación es:

$$R = 1 + \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2$$

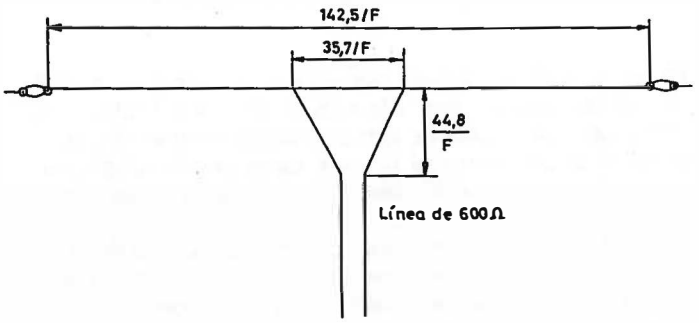



Figura 9.22 Adaptación en «delta» para líneas de 600 Ω.

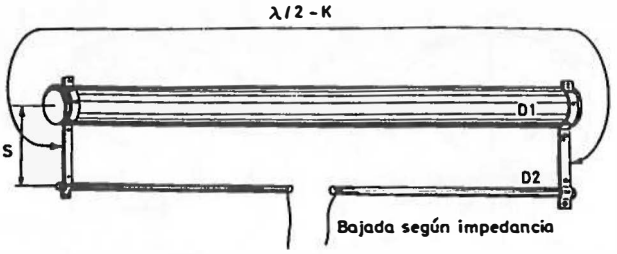



Figura 9.23 Dipolo con relación de diámetros

en la que $Z_1$ es la impedancia característica de una línea abierta cuyos conductores tienen un diámetro igual al conductor más delgado del dipolo y la separación es igual a la distancia entre centros de los conductores del dipolo; $Z_2$ es la impedancia de la línea formada por dos conductores de diámetro igual al conductor más grueso del dipolo, con la misma separación (figura 9.23). Si se precisa una elevación de impedancia, la bajada se conecta al conductor delgado y para obtener una disminución, al conductor grueso.

## 9.11 DIPOLOS MULTIBANDA

Todos los dipolos descritos anteriormente sólo funcionan correctamente para un margen de frecuencias muy pequeño, de tal manera que el radioaficionado sólo los puede utilizar para una banda, necesitando uno para cada una de las bandas en que desee transmitir.

La propiedad de resonancia del dipolo nos permite alimentar con la misma bajada a varios dipolos resonantes a diferentes frecuencias (figura 9.24): $f_1 = 3{,}5$ MHz; $f_2 = 7$ MHz; $f_3 = 14$ MHz; $f_4 = 21$ MHz y $f_5 = 28$ MHz, calculados con la clásica fórmula:

$$L = \frac{142{,}5}{F} = \text{longitud (en metros)}$$

Es conveniente instalar un sistema o balun de relación 1 a 1 para pasar de la simetría de la antena a la asimetría de la línea coaxial; esta antena puede instalarse entre dos puntos o postes, entre los que se colocarán los diferentes dipolos ordenados de mayor a menor longitud, con sus centros unidos a la bajada coaxial.

Al trabajar con esta antena existe el problema de la radiación de armónicos, detalle que puede solucionarse utilizando un acoplador de antena «coaxial a coaxial», instalado cerca del transmisor para obtener la mejor relación de ondas estacionarias. Al colocar los dipolos en paralelo y conectarlos en un punto con la bajada, no todos tienen la misma impedancia, sino que difieren algo de 75 Ω; para

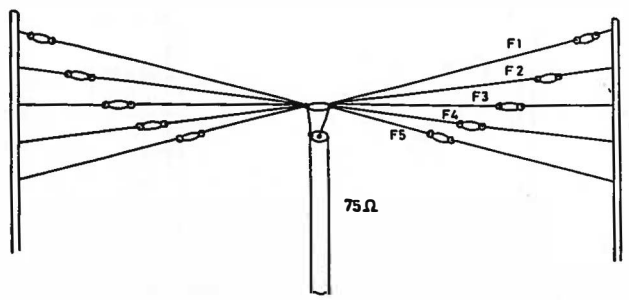



Figura 9.24 Dipolo multibanda.

compensar estas diferencias podemos utilizar en el montaje el sistema de la figura 9.25.

La misma antena multibanda puede ser realizada partiendo de una línea de bajada de 300 Ω tipo TV o similar, según las medidas de la figura 9.26, de manera que servirá para 40, 20, 15 y 10 metros.

Para lograr la resonancia en varias frecuencias, otros tipos de antena utilizan el sistema de trampas sintonizadas en paralelo e instaladas simétricamente del punto central, a lo largo de cada ramal; a la frecuencia de resonancia la trampa actúa como un aislador, desconectando la parte de la antena exterior a ella. En las frecuencias más bajas que la de resonancia actúan como cargas; esto es, alargando la antena, se permite acortar el dipolo para la frecuencia más baja.

Una antena adecuada para trabajar en todas las bandas de HF es la que se muestra en la figura 9.27; en ella las trampas resuenan a 7,1 MHz, y están construidas con una bobina de 10 espiras de hilo de cobre de 2 mm de diámetro arrollado sobre una forma de 63 mm de diámetro con una longitud de 43 mm. En paralelo se dispone un condensador de 50 pF con aislamiento para tensiones de 5.000 a 10.000 voltios, lo que le permite trabajar a 500 o 1.000 vatios de potencia.

Para optimizar el conjunto es aconsejable ajustar experimentalmente las trampas, cosa que puede hacerse con un medidor de mínimo de rejilla (grid dip); una vez comprobadas las trampas es deseable protegerlas de la lluvia y del polvo, envolviéndolas con algún material plástico de alto poder dieléctrico.

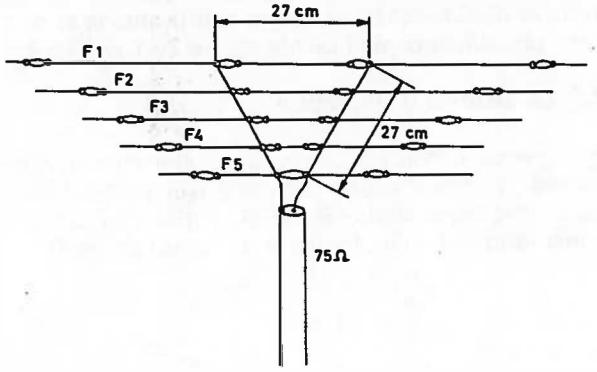



Figura 9.25 Dipolo multibanda

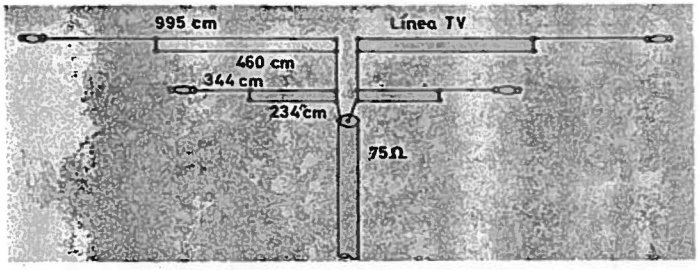



Figura 9.26 Dipolo multibanda

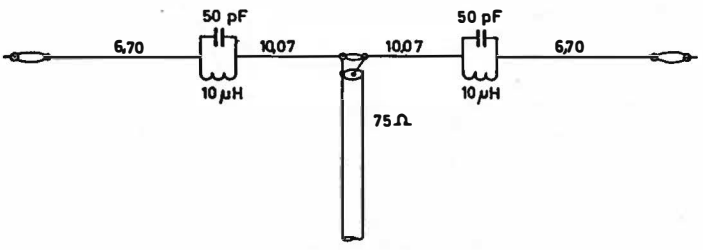



Figura 9.27 Dipolo multibanda con trampas resonantes

## 9.12 ANTENAS DE HILO LARGO

La antena direccional más simple es un hilo, cuya longitud mide varias longitudes de onda (figura 9.28). A pesar de que esta antena y su rendimiento no puede ser comparada a las que utilizan la combinación de varios hilos, presenta en algunos casos unas características muy interesantes.

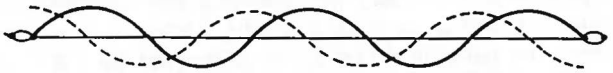


Figura 9.28 Distribución de la corriente y tensión a lo largo de un conductor largo

Para lograr la resonancia de una antena de hilo largo, hay que procurar que su longitud sea tal que en ella puedan medirse varias longitudes de media onda; es decir, la longitud de una antena de hilo largo será mayor que un múltiplo de media longitud de onda. Esta longitud no es exactamente la suma de las longitudes de varias antenas de media onda.

La fórmula para calcular una antena de este tipo es:

$$L = \frac{150 \times (N - 0{,}05)}{F}$$

$L$ = longitud en metros
$N$ = número de longitudes de media onda.
$F$ = frecuencia en MHz.

Esta antena se utiliza para DX ya que radia muchos lóbulos en los planos horizontal y vertical, lo que permite utilizar el ángulo de radiación adecuado a cada momento de transmisión. Pero a medida que se alarga, la radiación se hace más directiva en dirección de la orientación de la antena; en el caso de que esté terminada por su impedancia característica el diagrama de radiación con dos lóbulos en forma de ocho que tiene la antena sin terminación se reduce de uno de un solo lóbulo de radiación hacia adelante, lo que proporciona mayor ganancia.

Para alimentar una antena de este tipo, lo haremos en un extremo o en un máximo de tensión, no pudiéndose conectar la bajada a un máximo de intensidad. La resistencia de radiación de estas antenas va de 75 Ω para la de media onda, a 170 Ω para antenas de más de 12 longitudes de onda.

Cuando la longitud de una antena de hilo largo sobrepasa las tres longitudes de onda, puede ser conectada por un extremo a un alimentador unifilar, ya que la longitud de la antena es mucho mayor que la que representa esta bajada.

Una de las antenas que puede ser utilizada para todas las bandas de HF es la antena Hertz (figura 9.29), la cual va

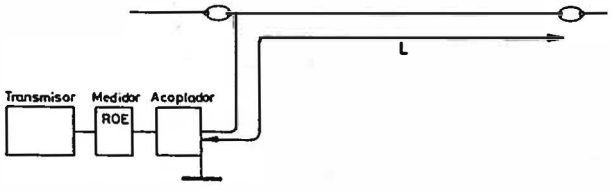



Figura 9.29 Antena Hertz alimentada por un extremo. $L$ = media longitud de onda a la frecuencia más baja de trabajo

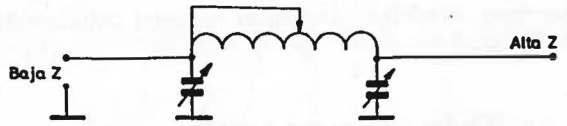



Figura 9.30 Acoplador de baja impedancia a alta impedancia

unida por un extremo al transmisor; tiene una longitud de media onda para la frecuencia más baja que se use y está formada por un hilo único de unos 2 milímetros de diámetro. Para adaptar la impedancia de la antena al transmisor hay que intercalar un acoplador en L (figura 9.30) consistente en una bobina con tomas y un condensador variable a masa en cada extremo de la bobina; modificando L y C es posible obtener una relación de ondas estacionarias de 1 a 1.

La antena Hertz hay que situarla lo más despejada posible y cuanto más parte de ella esté dispuesta horizontalmente mucho mejor. Hay que instalarla con una buena toma de tierra en el transmisor, ya que de lo contrario la corriente de antena circularía por el micrófono, la línea eléctrica, etc., produciendo realimentaciones y acoplamientos en el equipo y posiblemente interferencias a otros aparatos ajenos a la estación.

Una antena Hertz con una longitud de 41 metros se comportará como una antena de media onda para la banda de 80 metros, y para las otras bandas como una antena de hilo largo. Tendrá radiación bidireccional para 21 y 28 MHz, mientras que para 14 y 7 MHz su lóbulo de radiación horizontal tiende a formar un trébol de cuatro hojas.

La antena de hilo largo alimentada en el centro (figura 9.31) con una línea simétrica, tiene la ventaja sobre la Hertz de que no necesita toma de tierra, siendo la parte horizontal de la antena la única que radia, requiriendo un buen acoplador para su correcto funcionamiento. Con diversas dimensiones de la antena se da la circunstancia de que antena, más bajada y acoplador, producen buenos resultados. Unas buenas medidas que permiten trabajar en las 5 bandas de HF son 40 metros para la parte horizontal y 20 metros para la línea, que será de 300 Ω con aislamiento de aire, ya que si se trata de dieléctrico sólido las ondas estacionarias que circulan por ella podrían causar problemas de aislamiento en el punto en que se suman máximos de intensidad y tensión.

### 9.12.1 Antena Windom

Se trata de una antena (figura 9.32) que puede funcionar en bandas submúltiplos (80, 40, 20 y 10 metros) con bajada

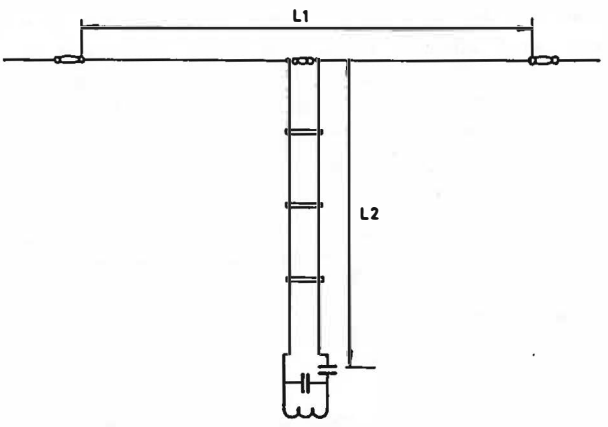



Figura 9.31 Antena de hilo largo alimentada por el centro

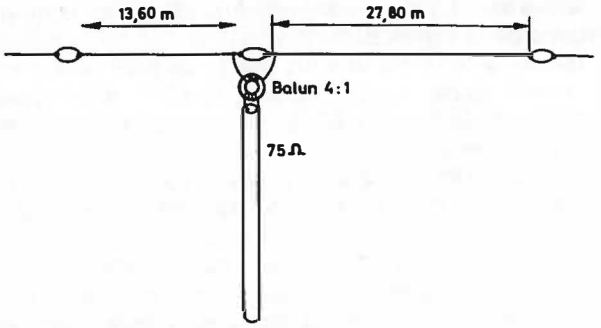



Figura 9.32 Antena Windom para 80, 40, 20, 15 y 10 metros

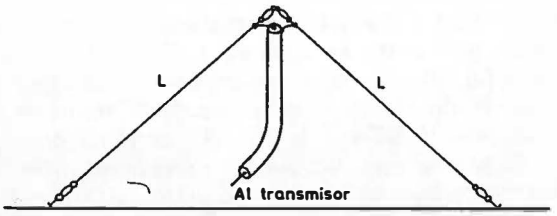



Figura 9.33 Antena V invertida. $L$ = múltiplo impar de cuartos de onda.

sintonizada y con una impedancia que depende del punto en que esté conectada en la antena. Tiene la misma impedancia en todas las bandas.

Para bajadas de 300 Ω, la distancia del punto de conexión al centro es de 6,7 metros; la longitud de la antena es de 40,8 m, mientras que la bajada puede ser de 20,1 o 40,5 m.

### 9.12.2 La antena V invertida

Se la puede considerar como una antena de hilo largo, alimentada y elevada del terreno en el centro, con los extremos más bajos (figura 9.33). Sus dos lados son iguales y de una longitud múltiplo impar de cuarto de onda.

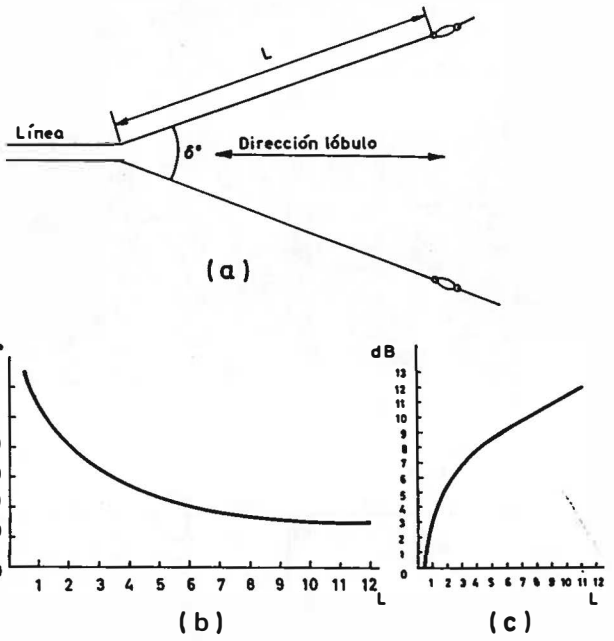



Figura 9.34 *a*) Antena en V, vista por encima; *b*) ángulo que forman los lados de una antena en V en función de la longitud de éstos expresado en número de ondas completas; *c*) ganancia de una antena en V en función de la longitud de los lados expresado en longitudes de onda L.

Trabaja bien a partir de un ángulo de 90° entre sus lados; su alimentación se realiza con línea coaxial de 50 ohmios y tiene polarización vertical.

## 9.13 LA ANTENA EN V

Dos antenas de hilo largo, dispuestas en forma de V horizontal constituyen este tipo de antena (figura 9.34) y según sea el ángulo que formen, lograremos que los lóbulos de una y de la otra se sumen en su bisectriz, obteniendo una ganancia mayor que en el caso de una antena de hilo largo.

Para una antena de este tipo, con un largo de lado de una onda, el ángulo óptimo para máxima ganancia será 90°, y a medida que los lados se alargan, este ángulo va decreciendo. Así, para un largo de 10 longitudes de onda, el ángulo será de 37°.

Esta antena, alimentada en un vientre de corriente, tiene una impedancia cercana a los 200 Ω, lo que utilizando un adaptador (balun) con relacion 4 a 1, permite alimentarla con un cable coaxial de 52 Ω.

## 9.14 LA ANTENA ROMBICA

Como su nombre indica tiene la forma de un rombo (figura 9.35). Es bidireccional, y su ganancia equivale a una antena en V de la misma longitud. Si en vez de tener el extremo opuesto a la bajada en circuito abierto, la terminamos con una resistencia no inductiva, de valor semejante a la de la resistencia de entrada (unos 800 Ω), tendremos una antena unidireccional con una elevada ganancia que radia ondas polarizadas horizontalmente y con ángulos bajos.

En el diseño de una antena rómbica la presencia del suelo tiene un gran efecto sobre la directividad, la longitud de sus lados, el ángulo entre los lados y el ángulo de radiación. Pero a pesar de esto existe una gran tolerancia entre ellos; por ejemplo, en el caso de que los soportes no puedan dar la altura requerida de la antena sobre el suelo, podremos aumentar la longitud, compensando de esta manera el otro parámetro y teniendo en cuenta que para elevaciones de la mitad de la óptima, el aumento de la longitud de los lados nos dará una ganancia de antena semejante a la obtenida para la antena mejor instalada.

La resistencia terminal de una antena rómbica en el caso de transmisión disipa del 30 al 45 % de la potencia entregada por el transmisor a la antena; por tanto, la resistencia terminal ha de ser capaz de disipar dicha potencia sin ningún deterioro.

Se pueden utilizar resistencias de carbón no inductivas, de valores de disipación altos; en casos de grandes potencias se utilizan líneas abiertas de gran atenuación, con impedancias de 600 a 700 Ω, pudiéndose dejar estas líneas abiertas o terminadas con una resistencia de carbón de menor disipación.

La alimentación de una antena rómbica puede hacerse mediante el empleo de líneas de 600 Ω o por medio de un transformador de impedancias con cable coaxial. La ganancia de esta antena viene determinada por la longitud de sus lados (figura 9.35*c*).

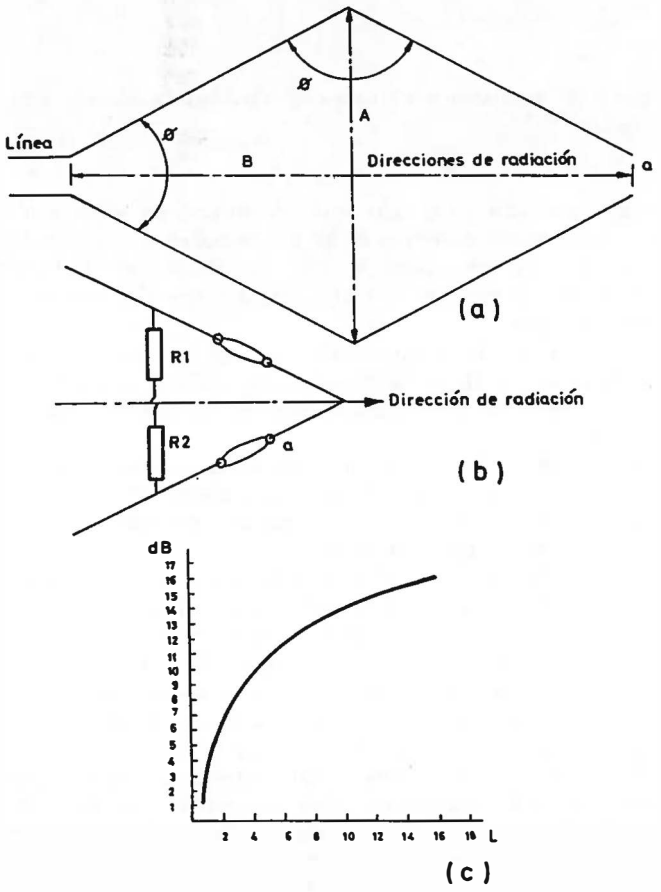



Figura 9.35 *a*) La antena rómbica sin terminación radia en las dos direcciones del eje mayor; con terminación $R_1 + R_2 \simeq 800\ \Omega$ radia en una sola dirección; *b*) terminación por resistencia; *c*) ganancia de una antena rómbica según la longitud de lado en longitudes de onda.

## 9.15 ANTENAS VERTICALES

Para lograr un ángulo de radiación bajo se emplea mucho la antena vertical llamada Marconi, de un cuarto de onda de longitud.

Esta antena se debe instalar en lugares despejados, libre de objetos metálicos y con una buena tierra; en algunos casos se obtienen resultados satisfactorios con una conexión corta al sistema de tuberías de agua, pero siempre es aconsejable una buena toma de tierra independiente y de unos pocos ohmios de resistencia.

Normalmente esta antena está aislada en su totalidad del suelo; en los casos más corrientes de alimentación, su resistencia de radiación es la mitad de la del dipolo, o sea, unos 37 Ω (figura 9.36*a*). Al igual que con los dipolos, se pueden construir con conductores múltiples y obtener un

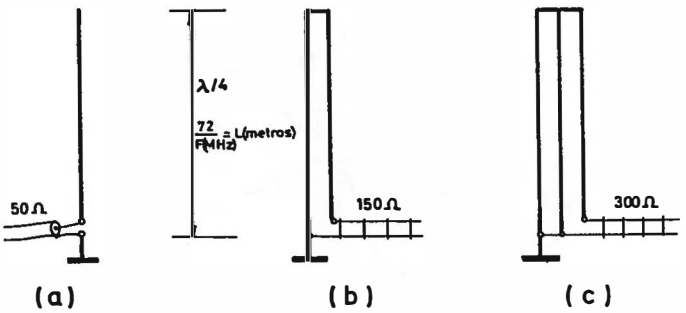



Figura 9.36 Antenas verticales de cuarto de onda

aumento de la impedancia; por ejemplo, con dos conductores cortocircuitados por el extremo opuesto al suelo, uno de ellos conectado a él (figura 9.36*b*). Entre el extremo del otro conductor y tierra tendremos 150 Ω.

Si este mismo cuarto de onda se construye con tres conductores igualmente cortocircuitados por el extremo alejado de tierra y por el extremo próximo a tierra se conectan dos a ella; entre el otro extremo y tierra se tendrán 300 ohmios, para así poder alimentar la antena con línea de este valor (figura 9.36*c*).

Utilizando métodos de adaptación semejantes a los que se emplean con los dipolos, es posible obtener el cuarto de onda unifilar conectado a tierra, y empleando la adaptación gamma (figura 9.37) conectarla a una línea coaxial de 75 Ω; al tratarse de antenas no balanceadas cuando se emplean líneas de alimentación coaxiales no se precisan balun de paso «equilibrado a desequilibrado» como en el caso de los dipolos.

Muchas veces, el mayor problema que pueden presentar este tipo de antenas consiste en lograr una buena tierra; por eso se ha desarrollado una variante, consistente en un plano de tierra artificial, empleando como mínimo cuatro conductores, dispuestos en forma de radiales horizontales en la base del cuarto de onda vertical (figura 9.38). Estos radiales tienen la misma longitud que la de la antena, y además de no necesitar la toma de tierra, otra importante ventaja de esta

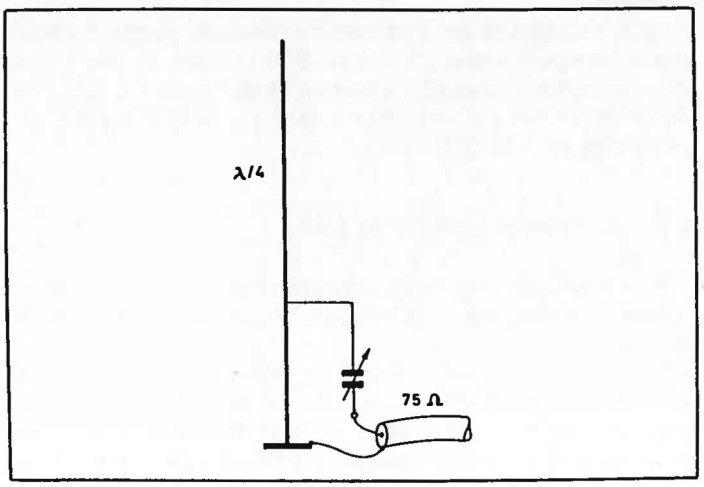



Figura 9.37 Adaptación gamma en una antena de cuarto de onda

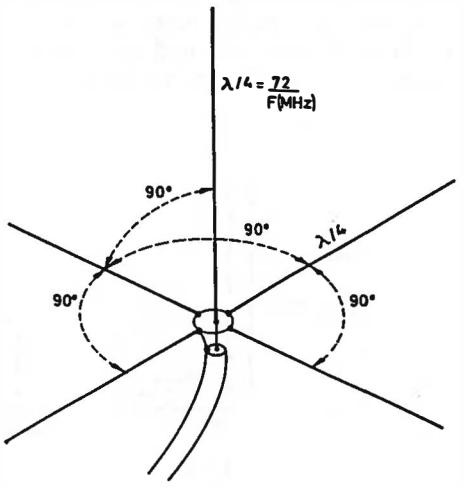



Figura 9.38 Antena cuarto de onda con plano de tierra artificial

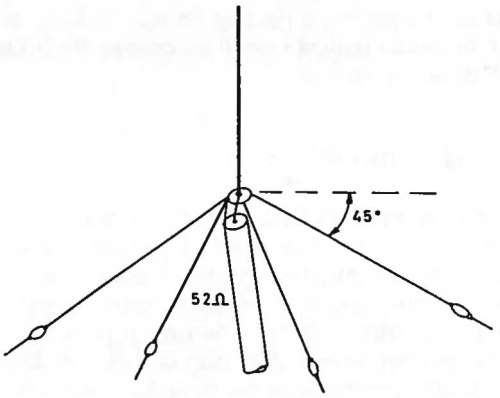



Figura 9.39 Adaptación a 52 Ω por inclinación de los radiales

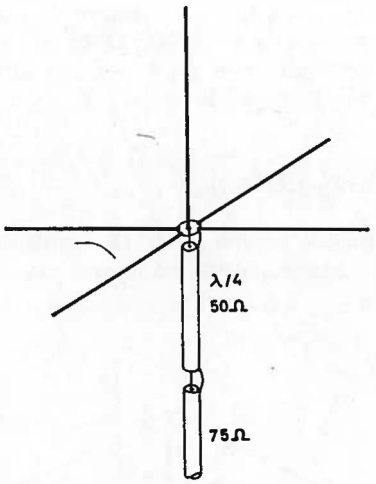



Figura 9.40 Adaptación a 75 Ω por medio de una línea de cuarto de onda de coaxial de 52 Ω

antena consiste en que radiará en un ángulo vertical muy bajo independientemente de su altura sobre el suelo, lo que la hace muy apta para el DX. Su lóbulo de radiación horizontal es omnidireccional, al igual que en las que tienen toma de tierra.

La resistencia de radiación de la antena con plano de tierra es de unos 30 Ω aproximadamente, variando ligeramente según la relación longitud/diámetro del conductor empleado en ella.

Para alimentarla con una línea de 50 Ω se puede inclinar el plano de tierra unos 45° de la horizontal (figura 9.39), logrando un aumento de la resistencia de radiación en la antena y una adaptación correcta.

Utilizando la propiedad de transformación de impedancias de una línea de un cuarto de onda, es posible alimentarla con un coaxial de 75 Ω, intercalando entre esta línea y la antena un cuarto de onda de cable coaxial de 50 Ω (figura 9.40).

En esta antena también podemos colocar trampas para que con unas longitudes determinadas la podamos hacer resonar a diversas frecuencias (figura 9.41).

También es posible obtener una antena de longitud corta, arrollando helicoidalmente sobre una varilla aislante (cuanto más larga mejor será el rendimiento) una porción de alambre de una longitud de media onda (figura 9.42). Este sistema, permite una distribución de tensión y corriente más lineal, que cuando se trabaja con una antena de cuarto de onda acortada mediante una bobina en la base, consiguiendo un mejor rendimiento.

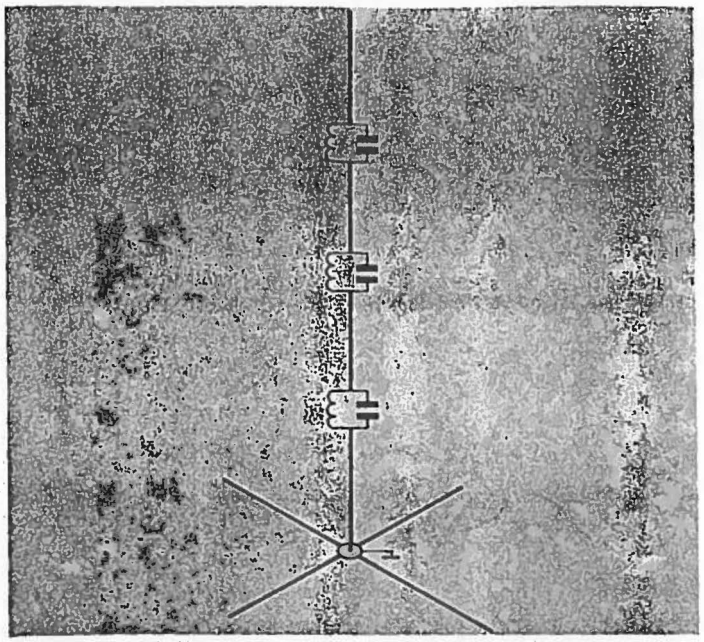


Figura 9.41 Disposición de las trampas en una antena vertical multibanda.

Arrollando la media onda de conductor, es posible que la antena quede algo corta; entonces se puede alargarla añadiendo un inductor con tomas en serie con ellas, en la base o mediante una varilla en la punta. Esta antena es de banda estrecha y por lo tanto sensible a la frecuencia. Para acortar las antenas verticales de cuarto de onda también se pueden instalar bobinas de carga en su extremo inferior o en el medio (figura 9.43); esto ocasiona una baja resistencia de radiación y una alta reactancia, lo que obliga a utilizar redes de alto Q, para compensar la reactancia y transformar la resistencia a valores practicables. Por eso este tipo de antenas, solamente son utilizables en un margen de funcionamiento muy pequeño, alrededor de la frecuencia de diseño, empleándose en equipos móviles y en donde no es posible instalar otro tipo de antena. Dan buen rendimiento, a condición de que la energía esté eficientemente aplicada a la antena.

Se puede construir una antena de cuarto de onda multibanda, uniendo por la parte inferior varias antenas, que resuenen a las diferentes frecuencias de trabajo, y alimentándolas por medio de un coaxial (figura 9.44). Los radiales

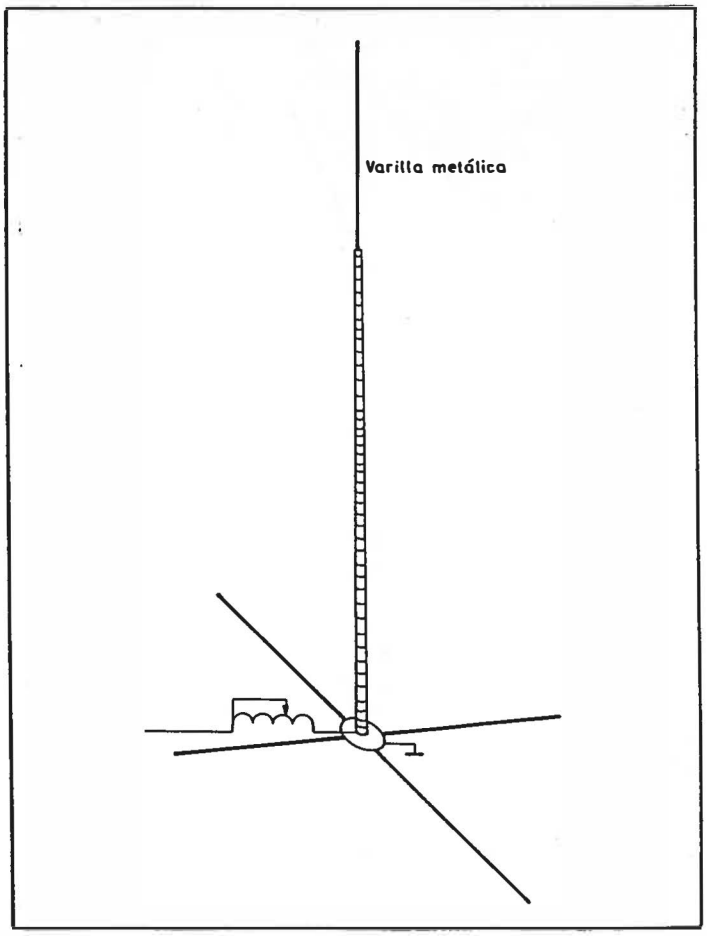



Figura 9.42 Antena vertical helicoidal

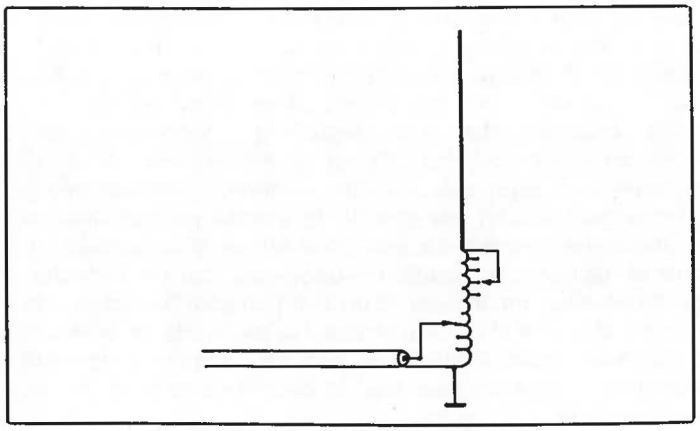


Figura 9.43 Antena multibanda con carga en la base

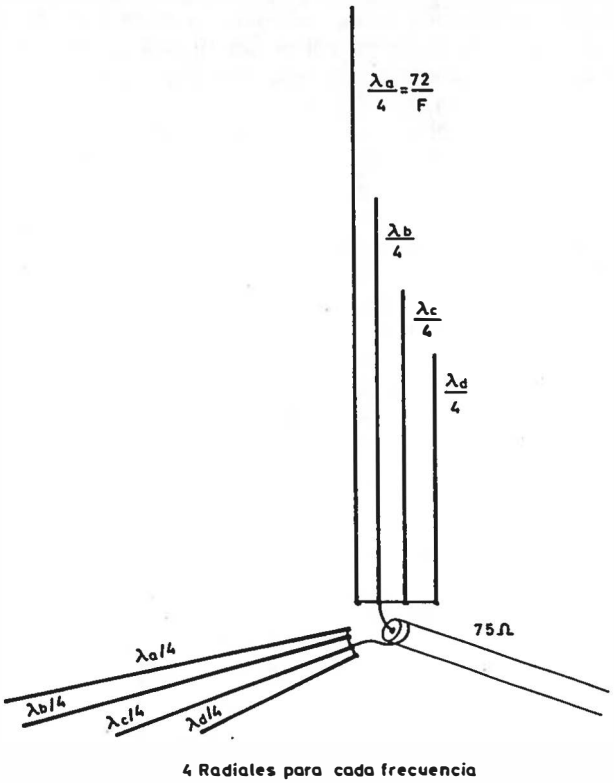



Figura 9.44 Antena multibanda con plano de tierra artificial

para esta antena serán cuatro, de cuarto de onda, para cada frecuencia de trabajo y aislados del suelo.

En los casos de antenas con plano de tierra los radiales son hilos resonantes y, por tanto, tienen que quedar aislados del suelo, ya que en caso contrario perderán su resonancia. Asimismo sus extremos están con tensión, por lo que hay que evitar contactos accidentales.

## 9.16 ANTENAS CON ELEMENTOS PARASITOS

La antena más popular entre los radioaficionados que quieren mejorar el rendimiento de su estación, es sin duda la antena con elementos parásitos o antena Yagi. Esta antena fue inventada en 1926 por el profesor Hidetsugu Yagi de la Universidad de Tokio.

A partir de la antena dipolo de media onda es posible lograr antenas que radien o reciban las ondas electromagnéticas en un haz estrecho, lo que permite concentrar en un punto toda la energía, logrando de esta manera que la intensidad de campo en un punto sea mucho mayor que la que se obtendría con otra antena de la misma potencia.

Situando un elemento de media longitud de onda a una distancia cuarto de onda de un dipolo excitado, la onda radiada por el dipolo llega a este elemento desfasada en un tiempo igual al cuarto de período de la onda, produciendo en él una corriente inducida; esta corriente tiene un sentido tal, que el campo producido se opone al campo inductor, produciéndose un desfase de un semiperíodo. De nuevo este campo, al volver al dipolo, se desfasa un cuarto de período; si sumamos todos los desfases habidos, vemos que la onda vuelve al dipolo en fase con la onda que circula por él, sumándosele.

El elemento añadido necesita una cierta energía para vibrar, energía que toma de la radiada por el dipolo, recibiendo por este motivo el nombre de «elemento parásito». En el caso de que tenga mayor longitud que el dipolo excitado se comporta como «reflector» y en el caso de que sea más corto actúa como «director» (figura 9.45). En una antena de este tipo llamamos «dipolo» al elemento que está conectado a la línea de transmisión.

La longitud del dipolo y demás elementos está determinada por la fórmula normal de cálculo del dipolo. La modificación del elemento parásito provoca, si se alarga, una reactancia inductiva y si se acorta, una reactancia capacitiva. Al modificar su longitud respecto al dipolo, provoca una variación en el desfase de la onda, permitiendo reducir la separación entre dipolo y elemento. Si la medida del elemento parásito es la misma que la del dipolo y existe una separación entre ellos de 0,15 longitudes de onda (figura 9.46), la antena da dos ganancias iguales, una hacia delante y la otra hacia atrás. Para una distancia mayor, el elemento parásito se comporta como reflector y para menos de 0,15 longitudes de onda como director (figura 9.47).

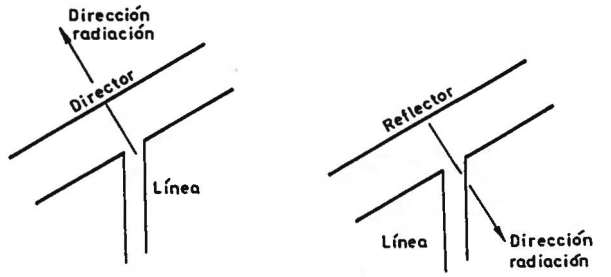



Figura 9.45 Dirección de radiación según la forma de actuación del elemento parásito

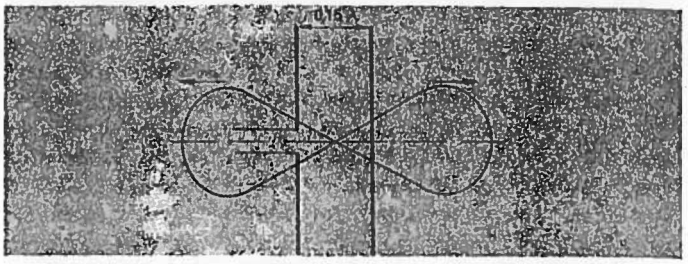


Figura 9.46 Lóbulos de radiación horizontal de una antena con un elemento parásito situado a 0,15 $\lambda$ del dipolo.

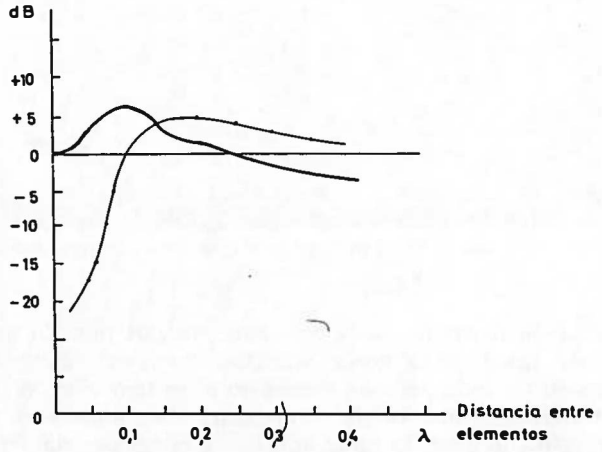



Figura 9.47 Ganancia de la antena en función de la separación del elemento parásito al dipolo.

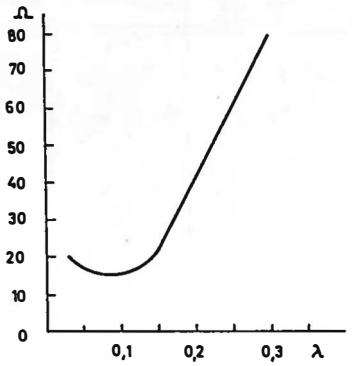



Figura 9.48 Resistencia de radiación de una antena de dos elementos en función de la separación de entre ellos.

Un dipolo en presencia de elementos parásitos tiende a disminuir su resistencia cuando las distancias son cortas. Para un elemento director de 0,1 longitudes de onda, la impedancia del dipolo queda reducida a 15 Ω, aumentando a medida que se separan; cuando las separaciones superan la longitud de onda, la impedancia del dipolo aumenta (figura 9.48).

## 9.17 ANTENA DE DOS ELEMENTOS

La antena más simple con elementos parásitos o antena Yagi, es la formada por el dipolo y un elemento pasivo. Cuando éste tiene la misma longitud que el elemento dipolo

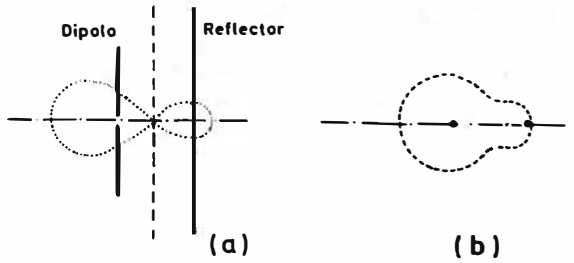



Figura 9.49 Diagrama de radiación; *a*) plano horizontal; *b*) plano vertical

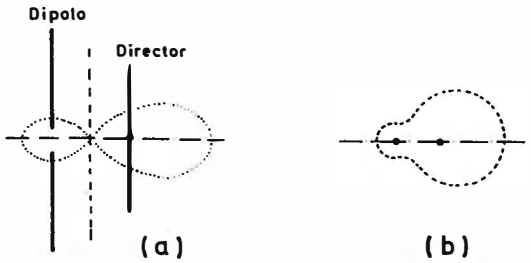



Figura 9.50 Diagrama de radiación; *a*) plano horizontal; *b*) plano vertical

acabamos de ver su comportamiento, pero si la longitud del elemento pasivo aumenta en un 5 % (figura 9.49) o queda más distanciado, pasa a actuar como reflector, disminuyendo el lóbulo de radiación trasero para reforzar el delantero y obtener una ganancia en esta dirección de 6 dB aproximadamente.

Si disminuimos la longitud primitiva del elemento pasivo en un 5 %, actuará como director teniendo el mismo lóbulo de radiación que en el caso anterior (figura 9.50).

Normalmente para el cálculo de estos elementos de antena podemos partir de las fórmulas siguientes:

$$\text{Dipolo} = \frac{143}{F\,\text{MHz}} \qquad \text{Reflector} = \frac{148}{F\,\text{MHz}} \qquad \text{Director} = \frac{138}{F\,\text{MHz}}$$

Para cada espaciamiento hay que buscar la medida óptima del elemento pasivo, o sea, que puede ocurrir que tengamos que aumentar o disminuir en un 3 o 5 % el reflector o director, según su separación del dipolo.

Al estar el elemento pasivo cerca del dipolo, se produce sobre él una sintonía hacia una frecuencia más alta de la calculada, por lo que se tendrá que alargarlo.

La ganancia de una antena de dos elementos con respecto al dipolo está representada en la figura 9.51; la máxima ganancia se obtiene cuando el elemento pasivo actúa como director y está a 0,15 longitudes de onda del dipolo.

En algunos casos (figura 9.52), en vez de la máxima radiación hacia adelante, lo que interesa es aprovechar las propiedades de estas antenas y tener otro máximo que afecte a la relación delante-detrás.

Para evitar las interferencias que puedan aparecer detrás de la antena, interesa que el lóbulo posterior sea lo más pequeño posible, cosa que se logra variando la separación del reflector o director del dipolo, o bien aumentando o disminuyendo la longitud del reflector o director.

La anchura de banda de la antena aumenta cuando el Q de la misma disminuye, lo cual se obtiene haciendo los elementos lo suficientemente gruesos; para las bandas de HF una relación longitud/diámetro de 300 a 400 da suficiente anchura de banda para poder trabajar los kilohercios que hay en estas bandas; también la separación entre

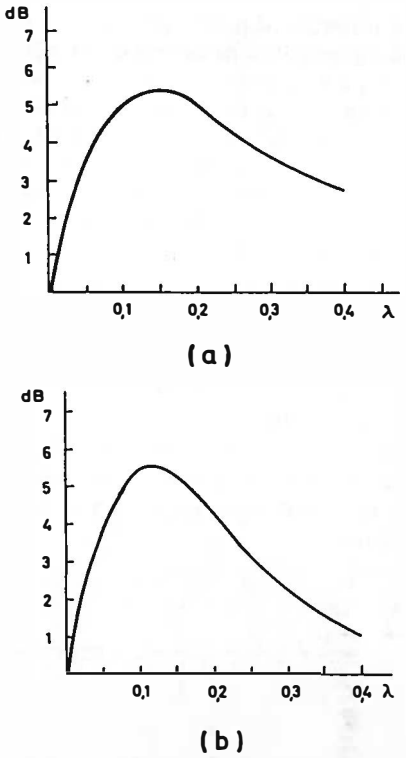



Figura 9.51 *a*) Ganancia de una antena de dos elementos, dipolo reflector según separación entre ellos; *b*) ganancia de una antena de dos elementos, dipolo director según separación entre ellos.

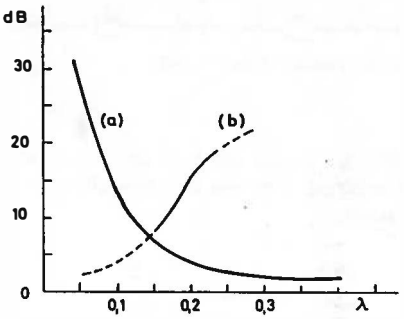



Figura 9.52 Curva de relación delante-detrás de una antena de dos elementos; *a*) con director; *b*) con reflector.

elementos afecta al Q de la antena, y por tanto a su anchura de banda.

## 9.18 ANTENA DE TRES ELEMENTOS

Si a la antena de dos elementos le añadimos un tercero, tendremos la antena Yagi de tres elementos (figura 9.53),

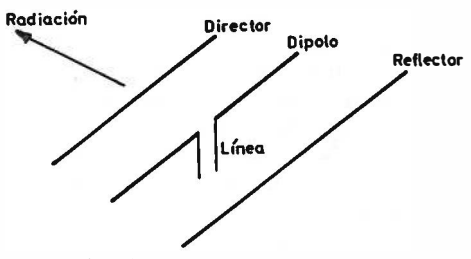



Figura 9.53 Antena direccional de tres elementos.

compuesta por reflector, dipolo y director. Lo dicho para la situación de los elementos parásitos de la antena con dos elementos, sirve para esta antena; la impedancia del dipolo baja a la mitad de la que tenía para la de dos elementos, llegando a 10 Ω para separaciones de 0,13 a 0,2 longitudes de onda para el reflector y de 0,1 para el director. Estas medidas son para el caso de máxima ganancia, menor impedancia y mínima anchura de banda. Una separación del reflector a 0,25 longitudes de onda da una mayor anchura de banda y mayor impedancia (unos 30 Ω).

Esta antena suele ser de dimensiones bastante grandes y normalmente se emplea para las bandas de 10, 15 y 20 metros; para las demás bandas 40 y 80 metros se utilizan con trampas intercaladas sobre los elementos para lograr su resonancia (figura 9.54).

Al igual que se hace con los dipolos simples, podemos hacer que las trampas resuenen a distintas frecuencias, intercalando varias de ellas en paralelo a lo largo del dipolo reflector y director.

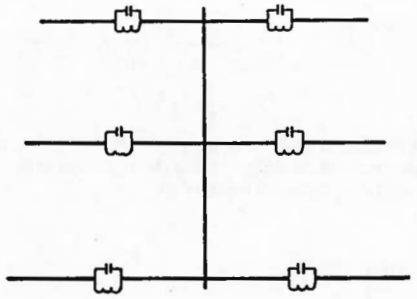


Figura 9.54 Antena direccional multibanda.

Las longitudes de los elementos para separaciones de 0,15 y 0,15 longitudes de onda entre ellos se calculan de la siguiente manera:

$$\text{reflector} = \frac{150}{F\,\text{MHz}}\ ;\ \text{dipolo} = \frac{143}{F\,\text{MHz}}\ ;\ \text{director} = \frac{138}{F\,\text{MHz}}$$

Esta antena tendrá una ganancia de 7,5 dB y una impedancia de 10 Ω. Reduciendo la longitud del director y poniendo los elementos a una separación de 0,25 y 0,25 longitudes de onda, se logra una ganancia de 8,5 dB y una impedancia aproximada de 35 Ω.

## 9.19 ANTENAS DE MAS ELEMENTOS

Se puede obtener una ganancia de entre 9 y 10 dB añadiendo un nuevo director a la antena de tres elementos; la longitud de este director será de 130 a 135 dividido por la frecuencia en megahercios. Con la adición de este nuevo director la impedancia queda reducida, pero se podrá aumentar algo la separación para que no influya tanto. Si a esta antena de cuatro elementos se le añade otro director, la ganancia aumentará aproximadamente otro decibel, y así sucesivamente hasta un cierto límite, a partir del cual la adición de nuevos elementos casi no influye en la ganancia.

A causa de la dependencia mutua de las variables que entran en las características de estas antenas, los datos se obtienen por experimentación, siendo bastante diferentes según la fuente de información.

## 9.20 ANTENA CUADRO CUBICO

Una antena muy conocida en la actualidad es la de dos cuadrados formados con conductor de un cuarto de onda de lado, sostenidos por un material aislante (figura 9.55); al tener el cuadrado un cuarto de onda por lado, el total tiene una onda completa.

Uno de los cuadrados se excita y el otro actúa como elemento parásito, normalmente como reflector. En el caso de requerir más ganancia se puede añadir uno o varios elementos que actúen como directores.

La fórmula para calcular la longitud del cuadro excitado es la siguiente:

$$L = \frac{3035}{F(\text{MHz})}$$

Para el reflector se emplea la fórmula:

$$L = \frac{3180}{f(\text{MHz})}$$

que le da mayor longitud y mediante un trozo de línea abierta cortocircuitada que se le ajusta experimentalmente, se obtiene la máxima ganancia hacia delante.

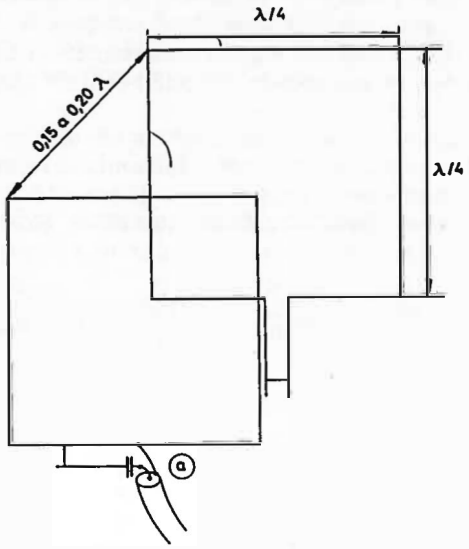



Figura 9.55 Antena cuadro cúbico.

La distancia entre los dos cuadros puede ser de 0,15 a 0,2 longitudes de onda. Si se utilizan elementos directores éstos serán un 5 % más cortos que el elemento excitado.

El principio de funcionamiento de esta antena es el mismo que para las antenas con elementos rectos y elementos parásitos, pudiéndose poner varios cuadros que resuenen a distintas frecuencias sobre el mismo soporte (figura 9.56) o por medio de trampas en paralelo y con una sola bajada obtener una excelente antena multibanda adecuada para el DX, aunque esté instalada cerca de tierra, en donde otra Yagi fallaría.

Distancias entre cuadros y medidas de ellos para diferentes bandas (en cm):

Para 20 m – 14 MHz: reflector 4 × 555; elem. excitado 4 × 524
Para 15 m – 21 MHz; reflector 4 × 377; elem. excitado 4 × 356
Para 10 m – 28 MHz; reflector 4 × 280; elem. excitado 4 × 262.

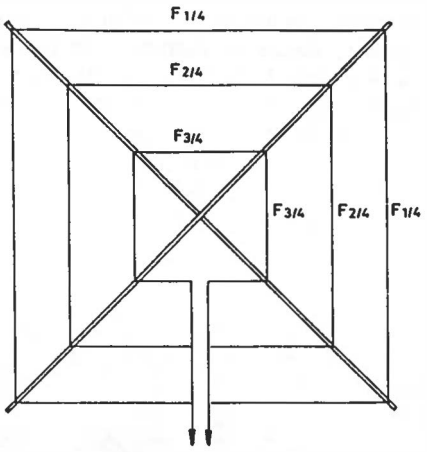



Figura 9.56 Antena multibanda.

La impedancia medida en el centro de un lado del cuadrado, da aproximadamente 75 Ω, lo que permite alimentarla con cable coaxial de 75 Ω, y a ser posible a través de un transformador de relación 1 a 1 de asimétrico a simétrico.

La separación entre elementos puede ser de 3 a 3,50 m y la ganancia de esta antena se puede comparar a una Yagi de tres elementos.

## 9.21 ANTENA DELTA

Otra forma de antena con elementos parásitos es la antena Delta (figura 9.57) en que, al igual que la de cuadro, sus elementos tienen una longitud de onda completa, siendo su configuración la de un triángulo equilátero.

La principal ventaja de esta antena es que puede ser totalmente metálica, prácticamente no necesita ajuste y tiene mayor anchura de banda que la de cuadro.

La alimentación de la misma se hace por medio de cable coaxial de 75 Ω con una adaptación gamma, que mantiene la ROE por debajo de 1,5:1 en toda la banda.

La fórmula para calcular la longitud del reflector es:

$$L = \frac{3210}{F\,(\mathrm{MHz})}$$

y para el elemento excitado será de:

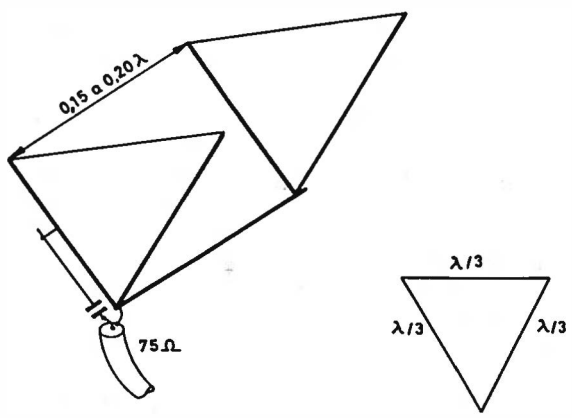



Figura 9.57 Antena delta con dos elementos

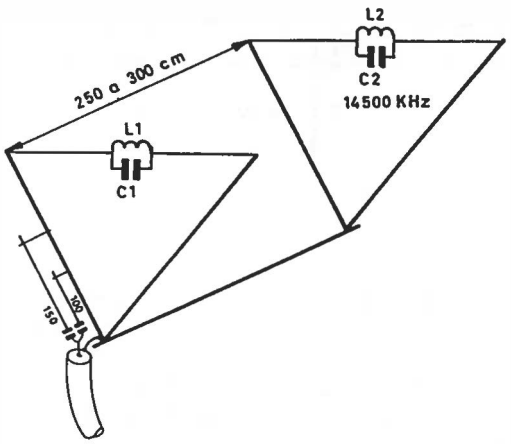



Figura 9.58 Antena delta para 14 y 21 MHz

$$\frac{3066}{F\,(\mathrm{MHz})}$$

La separación entre elementos es de 0,15 a 0,2 longitudes de onda; la ganancia está comprendida entre 7 y 8 dB.

Una antena de este tipo que funciona en las bandas de 14 y 21 MHz, está representada en la figura 9.58. La longitud total del reflector es de 1600 cm, la del elemento excitado de 1540 cm, la separación entre ellos de 2,5 a 3 m. La trampa resuena a 15.000 kHz para el elemento excitado y está formada por $L_1 = 1{,}82\ \mu H$ $C_1 = 56$ pF, y la del reflector se ajusta a 14.500 kHz con $L_2 = 1{,}82\ \mu H$ $C_2 = 62$ pF; las tomas del adaptador gamma están respectivamente a 140 y a 100 cm del vértice y la capacidad en serie es de 150 y 100 pF.

## 9.22 ANTENAS COLINEALES

Una antena colineal consta de dos o más elementos radiantes con una longitud de media onda, en las que la corriente circula en fase; para lograrlo hay que invertir la fase de la onda de uno a otro elemento, lo que se consigue mediante líneas resonantes de cuarto de onda (figura 9.59).

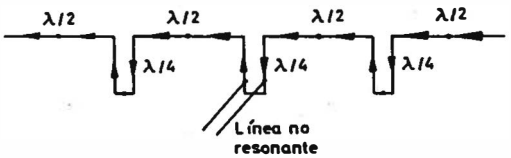



Figura 9.59 Red colineal de cuatro elementos

El diagrama de radiación vertical es en todos los casos igual al del dipolo y el diagrama horizontal se hace más agudo a medida que la antena tiene mayor ganancia, la cual es proporcional al número de medias ondas que tenga la antena, de manera que para dos medias ondas es 1,8 dB, para 3 es de 3,3 dB, para 6 es de 6,6 dB, etc.

A medida que se le añaden elementos colineales en fase, la resistencia aumenta y viene a ser el resultado de multiplicar por 100 el número de elementos de media onda.

Una modificación de la antena colineal de dos elementos, es la doble zepelin (figura 9.60), que con dos elementos logra una ganancia mayor. Su diseño se basa en aumentar la longitud de los elementos de tal manera que estén cortados

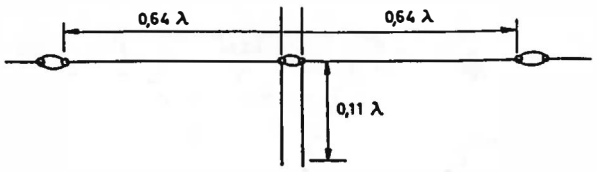



Figura 9.60 Antena doble zepelin

a 0,65 longitudes de onda y la línea de adaptación a 0,11 longitudes de onda. De esta manera se mantiene la resonancia.

Para obtener el máximo rendimiento de estas antenas es aconsejable construirlas partiendo de las fórmulas clásicas y sintonizarlas una vez instaladas.

Cuando la alimentación se desfasa 180º, la radiación se hace en la dirección del plano que contiene los conductores y se denomina longitudinal.

Se han desarrollado diversos tipos de antenas colineales con radiación transversal; una de las más conocidas es la Lazy H (figura 9.61) que está constituida por dos elementos colineales colocados encima de otros dos y alimentados por una línea desfasada 180º; esta red puede alimentarse también en el centro (figura 9.62).

Hay múltiples combinaciones de redes colineales. Cada una cumple unas características de ganancia y directividad según el número de elementos y su disposición.

El caso más sencillo de antena colineal con directividad longitudinal se obtiene con dos dipolos puestos en el plano horizontal y unidos por medio de una línea que produce entre ellos un desfase de 180º. La separación entre dipolos está comprendida entre 0,11 y 0,25 longitudes de onda (figura 9.62*b*). A partir de ésta se pueden añadir las secciones que se desee para tener mayor directividad o ganancia.

La alimentación de estos conjuntos se hace por medio de una sección adaptadora de cuarto de onda en cortocircuito.

Una antena muy usada en los años sesenta fue la formada por dos dipolos plegados separados 1/8 de onda y unidos por una línea con transposición para producir el desfase de 180º entre ellos (figura 9.63). Si restamos de los 180º de desfase que produce la línea, los 45º que se obtienen al estar separados los dipolos un octavo de longitud de onda, quedan 135º, y el resultado es un lóbulo de radiación horizontal con 5 dB de ganancia respecto al dipolo simple y con una relación delante-detrás de aproximadamente 20 dB; la impedancia es de unos 87 Ω, lo que permite alimentarla con una línea de 75 Ω.

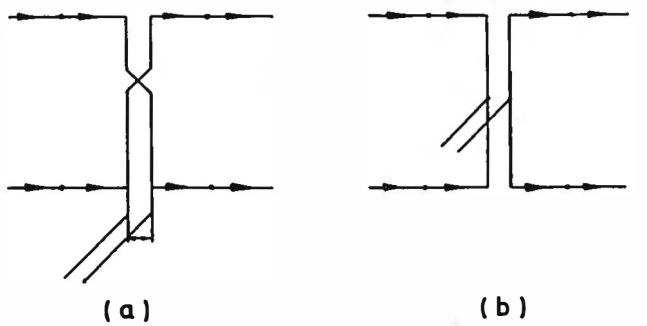



Figura 9.61 Antena colineal; *a*) alimentación por un extremo; *b*) alimentación por el centro (Lazy H)

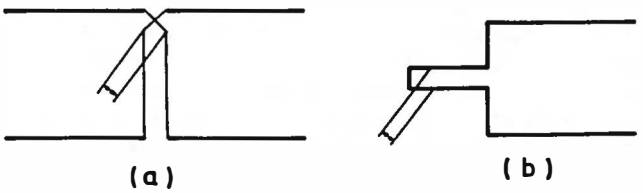



Figura 9.62 Antena colineal Red 8JK

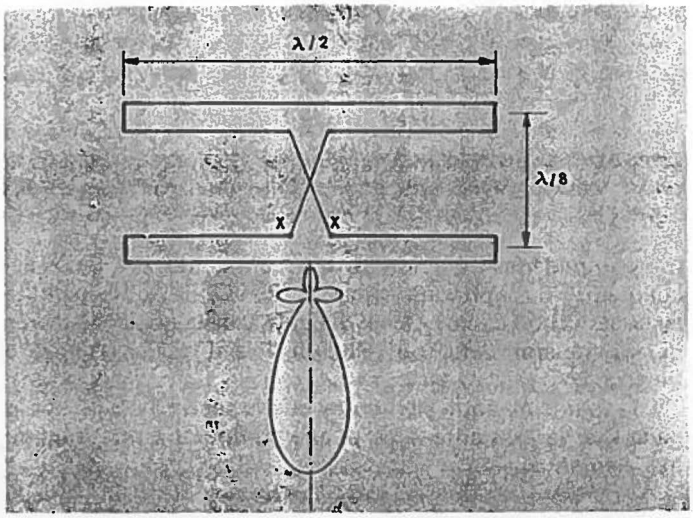



Figura 9.63 Antena de dos elementos con desfasamiento entre ellos y lóbulo de radiación en el plano horizontal.

## 9.23 ANTENAS PARA FRECUENCIAS MUY ELEVADAS Y ULTRA ELEVADAS

La región de frecuencias muy elevadas empieza por encima de 30 MHz, llegando a 300 MHz la de las frecuencias de las ultra elevadas es la región comprendida entre 300 y 3.000 MHz.

Los principios fundamentales de propagación, líneas y antenas, los hemos visto anteriormente, pero en los distintos sistemas de propagación, las medidas físicas de las antenas, que son inversamente proporcionales a la frecuencia, permiten un nuevo estudio de ellas enfocándolo a unas dimensiones factibles, que en otras bandas serían muy difíciles de construir mecánicamente.

Gran parte de los tipos básicos de antenas empleados en HF son utilizables en VHF y UHF con algunas modificaciones; por esto es aconsejable dedicarles un apartado de este capítulo.

Son muchos los radioaficionados que construyen sus propias antenas para esta región de frecuencias; otros las compran, pero todos coinciden en que no hay una antena óptima que permita trabajar las diversas modalidades que permiten estas frecuencias y no es posible en una sola antena conseguir simultáneamente elevada ganancia, poca directividad, polarización en los dos sentidos, gran anchura de banda, etc., sino que cada tipo de antena cumple con alguna de estas características en perjuicio de las otras.

Está en el ánimo del radioaficionado confeccionar una lista de prioridades de las características de la antena, para escoger entre los múltiplos tipos que existen la que mejor las cumpla.

Al proyectar la antena que se va a necesitar, hay que tener en cuenta el tamaño; una antena de 144 MHz capta un 66 %

de energía más que otra antena diseñada para 432 MHz, aunque las dos tengan la misma ganancia. Por tanto para obtener el mismo rendimiento en 432 MHz, tendremos que multiplicar por tres el número de elementos que tenemos en 144 MHz, aunque siempre es aconsejable poner más, debido a otros efectos.

La ganancia de la antena está en relación con el diagrama de radiación. Cuanto más concentrada esté la energía hacia una dirección, mayor será la ganancia de la antena. La antena isotrópica radia por un igual en todas direcciones, por lo que un dipolo ofrece una ganancia sobre ella de 2,1 dB; para lograr mayores ganancias respecto al dipolo pueden utilizarse las antenas colineales, las Yagi, etc.

Al radioaficionado que se dedica al DX en estas frecuencias, le interesa conseguir una gran ganancia y un bajo ángulo de radiación, mientras que si se desea una antena para realizar QSO a poca distancia, se preferirá una antena omnidireccional a pesar de recibir más ruidos e interferencias.

Es muy interesante también para los radioaficionados conocer la anchura de banda de la antena, ya que para unos, pocos kilohercios son suficientes, mientras que otros desean toda la banda; en la banda de 2 metros son 2 MHz, pero la banda de 70 cm son 10 MHz, siendo realmente difícil lograr una antena con una respuesta plana para toda la banda.

La longitud física de un dipolo para estas frecuencias es muy pequeña, siendo posible aumentar su diámetro para conseguir características de banda ancha.

La altura de la antena respecto al suelo también influye en su rendimiento, pero si se dispone de un lugar despejado, con poca altura es suficiente, ya que se necesitaría una gran diferencia de altura para un efecto apreciable.

Otro factor muy importante es la polarización; actualmente este concepto está bastante bien definido para las diferentes aplicaciones dentro de estas bandas, siendo aconsejable seguir las indicaciones, ya que si se trabaja con un corresponsal que utiliza diferente polarización, podemos tener una pérdida de 21 dB o más. La parte inferior del primer megahercio de la banda de 2 metros se utiliza para DX, normalmente en polarización horizontal, quizá debido a la mayor comodidad de instalación para grandes formaciones de antenas Yagi, ya que prácticamente no hay ventajas al utilizar una u otra polarización para comunicaciones lejanas; en cambio en el segundo megahercio (de 145 a 146 MHz) se emplea mucho más la polarización vertical, principalmente para móviles y repetidores, a pesar de que en trayectos cortos se obtienen mejores señales con polarización horizontal, ya que con la polarización vertical se reciben más ruidos e interferencias. No obstante, las antenas de polarización vertical son más simples para radiación omnidireccional.

Otro factor que hay que tener muy en cuenta al instalar una antena para estas bandas es la calidad de la línea de transmisión. Aunque la línea abierta ofrece pocas pérdidas, es difícil su construcción puesto que tiene los conductores muy gruesos y poco separados a fin de que no radie. Hay que evitar ángulos bruscos y extremar el cuidado en evitar objetos metálicos en sus proximidades.

Muchas veces los resultados obtenidos compensan estos cuidados ya que los valores de pérdidas son muy pequeños y equivalen al mejor coaxial. Por ejemplo 30 metros de línea hecha con alambre de 2 mm de diámetro, separada unos 19 mm con buenos aisladores (teflón) tiene a la frecuencia de 144 MHz unas pérdidas de 1 dB, y para 432 MHz 1 o 2 dB.

Hay que descartar los coaxiales de diámetro pequeño, como los modelos RG58U o RG59U, salvo que se utilicen en líneas de poca longitud; RG8 y RG11 se pueden utilizar hasta 15 o 20 metros a no ser que aceptemos unas pérdidas grandes.

Existen en la actualidad cables coaxiales especiales con aislamiento semiaire, que presentan en estas frecuencias pérdidas muy bajas para longitudes considerables.

## 9.24 ANTENAS YAGI PARA 144 MHz

Muchas son las combinaciones que existen para una antena de este tipo, desde variar el número de elementos, su constitución, su adaptación a la línea, el espaciamiento entre elementos, dimensiones de los mismos, etc.

Mientras la antena Yagi tiene un número reducido de elementos, cinco como máximo, las fórmulas normales para el cálculo de las longitudes de los elementos y espaciados sirven para encontrar una antena que quizá no sea la óptima, pero cuyo resultado servirá y cumplirá con lo calculado.

A partir de este número de elementos es muy difícil que una antena diseñada según unos cálculos alcance el rendimiento óptimo, por lo que se suelen modificar según experimentación y mediciones por tanteo.

### 9.24.1 Antena de tres elementos

(figura 9.64) Las fórmulas de cálculo son:

*Longitudes:* Reflector $\frac{150}{F}$; Dipolo $\frac{143}{F}$; Director $\frac{138}{F}$

*Separaciones:* 0,15 veces la longitud de onda.

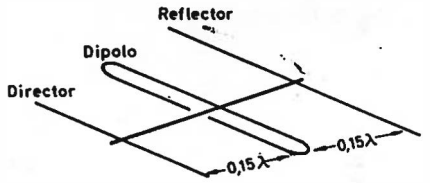



Figura 9.64 Antena Yagi de tres elementos.

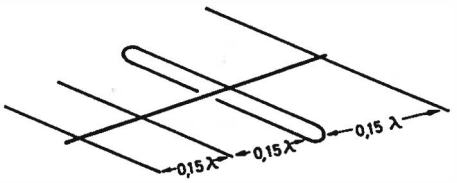



Figura 9.65 Antena Yagi de cuatro elementos

### 9.24.2 Antena de cuatro elementos

(figura 9.65) Las fórmulas de cálculo son:

*Longitudes:* Reflector $\frac{150}{F}$; Dipolo $\frac{143}{F}$; Director 1.º $\frac{138}{F}$;

*Director 2.º* $\frac{134}{F}$;

con *separaciones* entre ellos de 0,15 veces la longitud de onda.

### 9.24.3 Antena de cinco elementos

(figura 9.66) Se le añade a la de cuatro un tercer director cuya longitud sea $\frac{120}{F}$, con una separación de 0,2 veces la longitud de onda, y reduciendo la longitud del segundo director según la fórmula $\frac{130}{F}$.

Si se utiliza para estos tres tipos de antenas un dipolo plegado de igual diámetro en toda su extensión, se podrán alimentar con coaxial de 75 Ω. Hasta una veintena de elementos (figura 9.67) podemos utilizar la fórmula $L = \frac{124}{F}$ para todos los directores, conservando el reflector y el dipolo las mismas longitudes anteriores. Las separaciones para estos casos son de 0,21 $\lambda$ entre el reflector y el dipolo, de 0,15 $\lambda$ del dipolo al primer director, de 0,18 $\lambda$ del primer director al segundo, y a partir de éste los demás quedan a 0,24 $\lambda$ del anterior, menos el último que se pone a 0,30 $\lambda$.

La impedancia con un dipolo sencillo es de 30 a 40 ohmios, siendo la principal ventaja de esta antena el que se le pueden añadir o sacar elementos sin que la impedancia quede sensiblemente afectada. La ganancia de esta antena está entre 12 dB y 18 dB para 10 a 20 elementos.

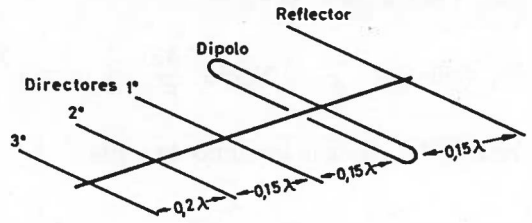



Figura 9.66 Antena Yagi de cinco elementos

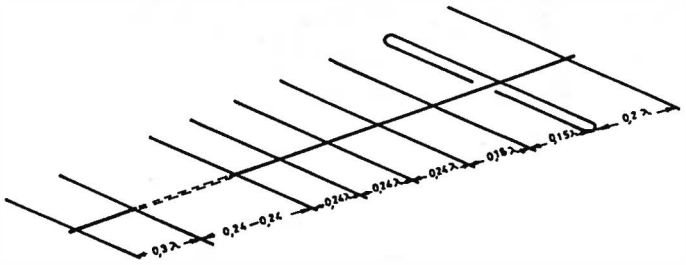


Figura 9.67 Antena Yagi de 10 a 20 elementos

En la figura 9.68 se representa una antena Yagi de tres elementos con una impedancia de 300 Ω; su ganancia es de 5 dB y la relación delante-detrás es de 15 dB.

En la figura 9.69 tenemos una Yagi de cuatro elementos con acoplamiento «gamma mach», que permite alimentarla con cable coaxial de 75 Ω. Los elementos están hechos con tubo de 6 a 10 mm de diámetro, tiene una ganancia de ±7 dB y la abertura de los lóbulos de radiación horizontal y vertical es de 65° y 75° respectivamente.

La antena de seis elementos está representada en la figura 9.70. En ella todos los directores tienen la misma longitud, presenta una impedancia de 75 Ω simétricos, lo que obliga a la colocación de un transformador de relación 1:1 para bajadas coaxiales pero de paso simétrico a asimétrico. Su

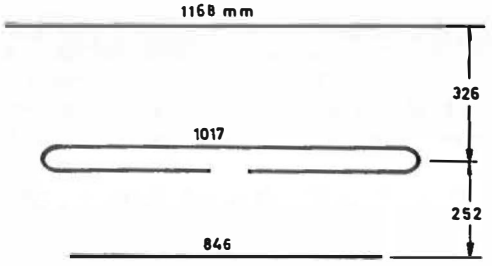



Figura 9.68 Dimensiones de una antena Yagi de tres elementos

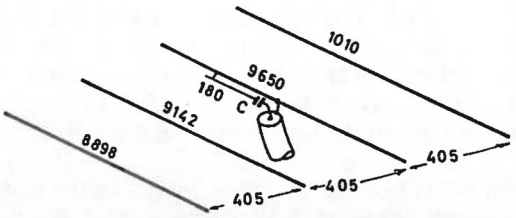



Figura 9.69 Antena Yagi de cuatro elementos con adaptación gamma para línea coaxial de 75 Ω. El condensador variable tiene una capacidad de 3 a 50 pF.

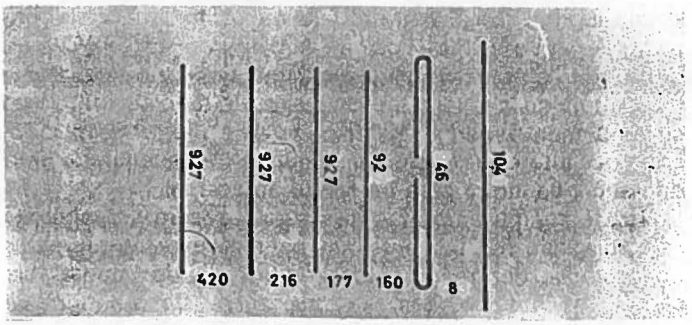



Figura 9.70 Dimensiones de una antena Yagi de seis elementos para una bajada de 75 Ω

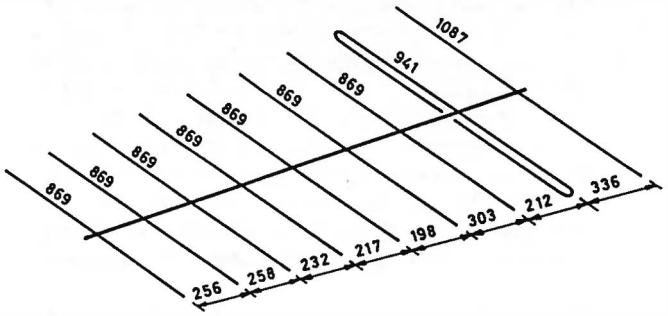



Figura 9.71 Antena de 9 elementos; ganancia 10 dB; medidas en milímetros

ganancia está por encima de 8,5 dB; el ángulo del lóbulo horizontal es de 55° y el vertical de 70°; los elementos están construidos con tubo o varilla de 5 a 8 mm de diámetro.

Continuando con antenas de directores de igual longitud, en la figura 9.71 tenemos una antena que proporciona 10 dB de ganancia con nueve elementos, y relación delante-detrás de 15 dB con ángulo de lóbulo horizontal de 48° y vertical de 58° (a medida que la ganancia aumenta, los ángulos de los lóbulos de radiación se van estrechando ya que la energía se concentra más).

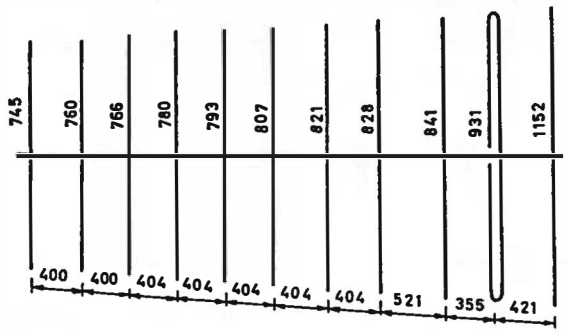



Figura 9.72 Dimensiones de una antena Yagi de 11 elementos; 12 dB de la ganancia.

Los elementos de esta antena están calculados para un diámetro comprendido entre 10 y 20 mm; su impedancia es de aproximadamente 240 Ω.

Una antena de 11 elementos y una ganancia de 12 dB está representada en la figura 9.72. Cubre muy bien la gama 142 a 148 MHz; el diámetro de los elementos es de 12 mm; la impedancia es de 240 Ω y su lóbulo horizontal es de 38°, mientras que el vertical es de 42°.

## 9.25 CONSIDERACIONES EN LA CONSTRUCCION PRACTICA DE ANTENAS YAGI PARA 144 MHZ

Todas estas antenas pueden ser enteramente metálicas y sus elementos estar fabricados con varilla o tubo de aluminio, latón o cobre. Debido a sus dimensiones (aproximadamente un metro) quedan soportadas por su centro y no necesitan apoyos en los extremos; el punto medio de los elementos está a cero de tensión por lo que pueden ir conectados directamente a masa.

Una precaución a tomar respecto a los aislantes que se empleen en la confección de los dipolos, es que han de ser de buena calidad (alto poder dieléctrico) para evitar pérdidas; los empalmes de éste con la línea conviene cuidarlos en gran medida. A ser posible habrá que soldarlos, y si se emplean en la unión diferentes metales (como por ejemplo aluminio-cobre) con la humedad forman un par galvánico que con el paso del tiempo produce un efecto de corrosión afectando a la conductividad de la unión.

También conviene proteger de la intemperie a estas uniones; en el caso de emplear condensadores o transformadores de impedancia hay que mantenerlos protegidos de la humedad, polvo, etc. Hoy en día se cuenta con buenos materiales aislantes de alto poder dieléctrico para poder realizarlo.

La pluma (boom) o soporte de los elementos de la antena puede ser de cualquier material, desde simple madera a hierro o aluminio. Normalmente para antenas largas se emplea tubo de duraluminio, que permite con pequeñas secciones (20 × 20) una buena rigidez y en el caso de flexión se emplean tornapuntas o tensores, ya que para antenas de seis o más metros de longitud tendríamos que usar un tubo soporte de considerable diámetro, lo que afectaría a las dimensiones de los elementos de la antena al ser una medida importante en relación con la longitud de onda.

## 9.26 ACOPLAMIENTO DE ANTENAS

Llega un momento en que el aumento de elementos directores se hace complicado por problemas mecánicos (longitud de la antena) y eléctricos (soporte muy grueso en relación con la longitud de onda y de los elementos).

Cuando esto ocurre, se ponen dos o más antenas en paralelo para lograr mayores ganancias, partiendo del hecho de que al doblar la antena aumentamos la ganancia en casi 3 dB (2,8 dB), o sea, que si tenemos una antena que da 10 dB de ganancia, al colocar dos antenas convenientemente acopladas, obtendremos 13 dB.

Si se instalan dos antenas más (en total cuatro) de 10 dB cada una, obtendremos una ganancia total de 10+ +3+3=16 dB, pudiendo nuevamente doblar el número de antenas para lograr 16+3=19 dB.

Para acoplar dos o más antenas a una sola bajada hay que tener presente la fase, la impedancia y su separación. Al referirnos a la fase recordemos que todas las antenas del conjunto reciben una onda en fase y la corriente circula por todas ellas en el mismo sentido; por tanto habrá que conectarlas de tal manera que las corrientes se sumen. En el caso de conexiones simétricas todos los conductores centrales de los coaxiales irán al mismo lado de los dipolos, ya que en caso contrario las corrientes se restarían y en vez de aumentar la ganancia nos quedaríamos sin recepción o transmisión (figura 9.73).

Al acoplar o conectar varias antenas conviene recordar la fórmula de la asociación de resistencias en paralelo, los principios y fórmulas de los adaptadores de cuarto de onda y los lóbulos de radiación de las antenas.

El caso más sencillo de acoplamiento es el de dos antenas superpuestas (figura 9.74) en el que se obtienen 3 dB más de ganancia respecto a una sola. Esta ganancia se consigue con la reducción del lóbulo vertical; en cuanto al lóbulo horizontal, no sufre variación respecto al de una sola antena.

Supongamos que estas antenas tienen una impedancia de 300 Ω, al ponerlas en paralelo a través de una línea de este valor, en el punto central de la misma nos encontraremos con 300:2=150 Ω, que permite una bajada de este valor o a través de un transformador de impedancias conectarlo a otro valor de línea.

Continuando con las dos antenas de 300 Ω de la figura

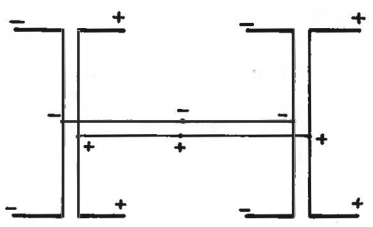


Figura 9.73 Puesta en fase de cuatro antenas.

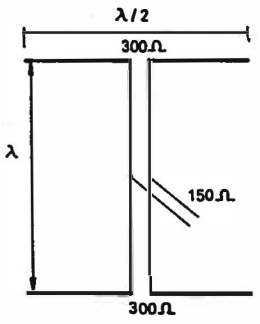



Figura 9.74 Acoplamiento de dos antenas.

9.74 y utilizando la propiedad de las líneas de cuarto de onda de que su impedancia es igual a la raíz cuadrada del producto de la impedancia de entrada por la de salida, es posible conectar en cada antena una línea de cuarto de onda de 400 Ω, la cual en el otro extremo, reflejará 600 Ω; puestas en paralelo las dos puntas de los cuartos de onda, se obtendrá 600:2 = 300 Ω para conectar una línea de esta impedancia (figura 9.75).

Para la asociación de cuatro antenas, primero se conectan dos a dos y a partir de los dos puntos resultantes repetir el proceso como si se tratara de dos antenas (figura 9.76).

En el supuesto de que las antenas tengan una impedancia de 75 Ω y la bajada sea también de 75 Ω, podemos conectarlas de la forma expuesta en la figura 9.77; $L_1$, $L_2$, $L_3$ y $L_4$ tendrán exactamente la misma longitud, calculada por la fórmula $n \times \frac{\lambda \cdot v}{2}$; $L_5$ y $L_6$ mediante $\frac{\lambda \cdot v}{4}$, donde $v$ es el factor de velocidad del cable empleado. La impedancia del cable será de 75 Ω.

Cuando las antenas sean de 52 Ω, y la bajada también de 52 Ω, sirve el mismo planteamiento, con la particularidad de que hay que hacer las líneas con cable de 52 Ω.

Estos procedimientos se pueden simplificar utilizando cuatro longitudes de línea múltiplos de media onda conectadas por su extremo a un transformador de impedancias común que eleve la impedancia al valor de la línea (figura 9.78).

Si las antenas son de 75 Ω, a la entrada del transformador tendremos $\frac{75}{4} = 18{,}75$ Ω, y el transformador tendrá que ser de 37,5 Ω para una impedancia de la línea de 75 Ω. Si se trata de antenas a 52 Ω, la impedancia de entrada al transformador de cuarto de onda será 52:4 = 13 Ω, y su impedancia $Z_0 = \sqrt{13 \times 52} = 26$ Ω, para 52 Ω de la línea.

En el caso de cuatro antenas la ganancia queda aumentada en 6 dB a expensas del lóbulo vertical y horizontal haciéndose más directivo en los dos sentidos.

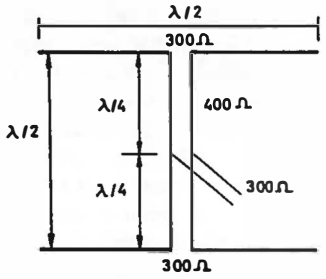



Figura 9.75 Acoplamiento de dos antenas con bajada de la misma impedancia.

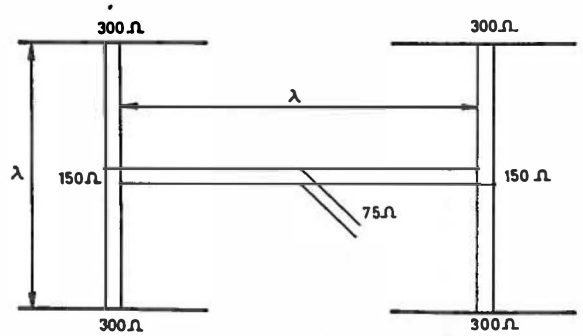



Figura 9.76 Acoplamiento de cuatro antenas Yagi con líneas abiertas

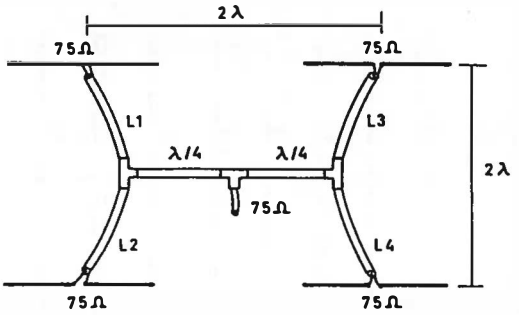



Figura 9.77 Sistema de acoplamiento para cuatro antenas, con líneas coaxiales

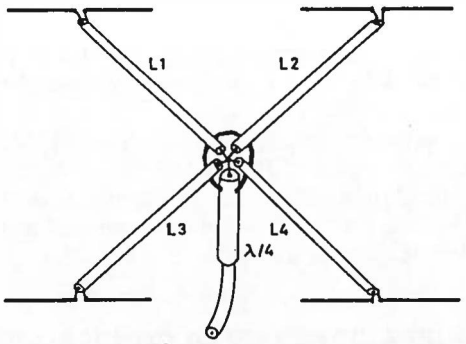



Figura 9.78 Sistema de acoplamiento con un transformador de cuarto de onda

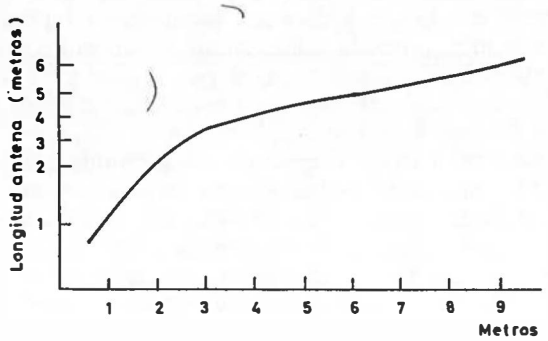



Figura 9.79 Gráfico de distancias de separación entre dos antenas en función de la longitud de la antena expresada en metros

La separación de antenas es un factor a tener en cuenta y, normalmente, cuanto más larga es una antena más separación requiere. En la figura 9.79 se dan las separaciones para distintas longitudes antena.

## 9.27 ANTENAS COLINEALES PARA 144 MHZ

Una red de radiación bidireccional está formada por la superposición de dipolos de media onda, alimentados en fase por los extremos (figura 9.80). Estos conjuntos tipo «cortina» tienen ventajas sobre las antenas Yagi, tales como mayor anchura de banda, fácil construcción y ajuste.

Para hacer una antena que aprovechando estas ventajas sea a la vez unidireccional, se coloca detrás de ella una cortina de reflectores como elementos parásitos.

En el cálculo de los dipolos se emplea la fórmula para la media onda dada en el apartado de las antenas Yagi.

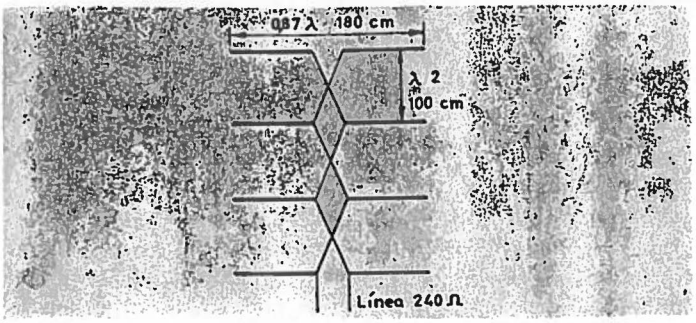



Figura 9.80 Antena bidireccional cortina de dipolos colineales

La antena colineal de la figura 9.80 está construida con tubo de 20 mm de diámetro y diseñada para 145 MHz, cubriendo así perfectamente la banda de 144 a 146 MHz; cada par de dipolos alimentados por el extremo tiene una impedancia de 1.100 Ω, al poner cuatro en paralelo rebajamos esta impedancia a 240 Ω, siendo así muy fácil su alimentación.

En esta antena, la alimentación se conecta a los elementos inferiores, pero también se puede alimentar por el centro sin ninguna dificultad (figura 9.81); la ganancia de los conjuntos de cortina es de 6 dB sobre el dipolo.

Añadiendo detrás de ella unos elementos parásitos cortados a una longitud igual a 152/*F* y colocados a 0,5 longitudes de onda, aumentamos la ganancia a unos 9 dB (figura 9.82); en este caso la impedancia es de 240 Ω; la relación delante-detrás de 14 dB; el lóbulo de radiación horizontal tiene una anchura de 60º y el vertical de 50º. Con 16 elementos (8 excitados y 8 reflectores) (figura 9.83), la ganancia de la antena es de 10,5 dB y la relación delante-detrás de 14 dB.

Para la construcción de estas antenas se utilizan dos métodos; el primero consiste en un soporte metálico sujetando los puntos medios de los elementos (ya que en ellos no existe tensión y no hay problema de conexión y el segundo sistema por medio de aisladores que sujeten dos elementos por sus puntas interiores. Es preferible el primer sistema por no ocasionar pérdidas; con el segundo sistema el material dieléctrico influye en las medidas de los elementos, ya que con el paso del tiempo se deposita humedad y polvo ocasionando pérdidas importantes, ya que en los extremos tenemos el máximo de tensión.

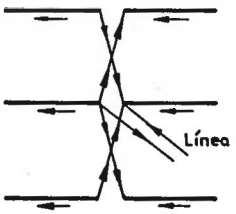



Figura 9.81 Alimentación de una cortina colineal por el centro

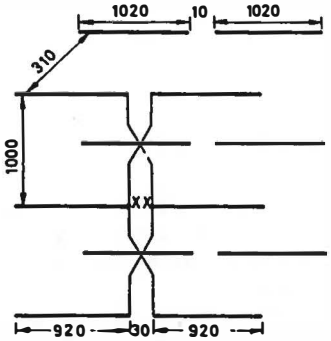



Figura 9.82 Antena de elementos con reflectores pasivos (dimensiones en milímetros)

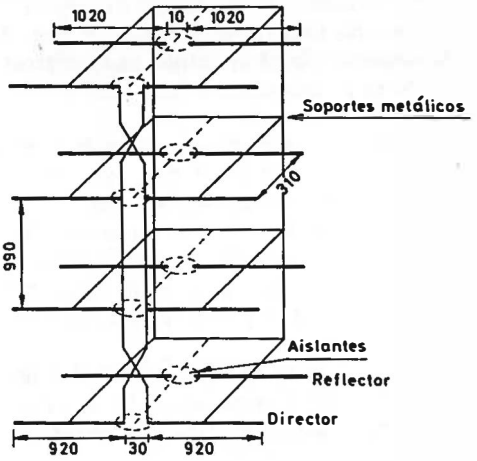



Figura 9.83 Antena de 16 elementos con una ganancia de 10,5 dB

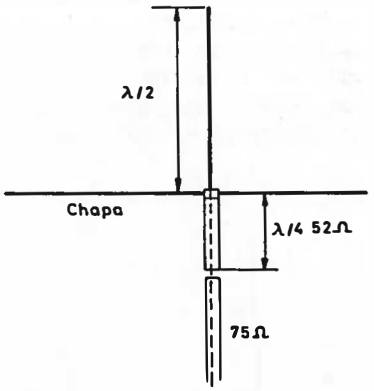



Figura 9.84 Antena cuarto de onda, alimentada a través de un cuarto de onda de línea de 52 Ω para adaptación a línea de 75 Ω

## 9.28 ANTENAS CON POLARIZACION VERTICAL

En este apartado se tratarán una serie de antenas cuya característica más importante es la polarización vertical.

Hoy día todo el tráfico de comunicaciones en 144 MHz a través de los repetidores y móviles se hace con esta polarización, quizá por la facilidad de instalar en un vehículo una antena de cuarto de onda o de cinco octavos, en contra de las dificultades que entraña una antena de características omnidireccionales y con polarización horizontal.

La más simple de las antenas omnidireccionales con polarización vertical es la de cuarto de onda o antena Marconi (figura 9.84); la longitud de la misma se calcula con la fórmula $L = 71{,}5/F$, si se trata de una varilla delgada; por el contrario si se trata de un tubo grueso, habrá que restarle de su longitud una cantidad que viene determinada por la relación *L*/*D*. Este elemento está aislado del plano de tierra, formado por la chapa del coche y conectado al conductor central del coaxial de la alimentación, mientras que la malla está conectada a la chapa.

Hay que tener cuidado para que el aislador que aguanta el cuarto de onda tenga una capacidad «shunt» lo más baja posible que para la impedancia de la antena sea resistiva, ya que de otra manera no se podría obtener una buena relación de ondas estacionarias.

En el coche hay que situar esta antena lo más centrada posible, y a ser posible la chapa tiene que extenderse en todas direcciones por lo menos una media onda.

La impedancia de la antena de cuarto de onda suele ser de unos 30 Ω, pudiendo alimentarla directamente con cable coaxial de 50 Ω, si bien lo indicado es hacerlo mediante un cuarto de onda de líneas de 52 Ω y a continuación línea de 75 Ω.

Es posible intercalar un cuarto de onda de 37,5 Ω hecho con dos trozos de RG11 o RG59 en paralelo; de esta manera se obtiene una baja relación de ondas estacionarias con una bajada de 52 Ω.

La misma antena puede ser instalada en lo alto de un mástil colocándole un plano de tierra artificial (figura 9.85) realizado con cuatro conductores de un cuarto de onda dispuestos horizontalmente y perpendiculares entre sí; la impedancia es de 30 Ω y puede ser alimentada siguiendo los procedimientos descritos anteriormente.

Aunque el poste sea metálico estas varillas de cuarto de onda pueden ir colocadas directamente sobre él, ya que los extremos conectados a la malla del cable coaxial están a potencial cero.

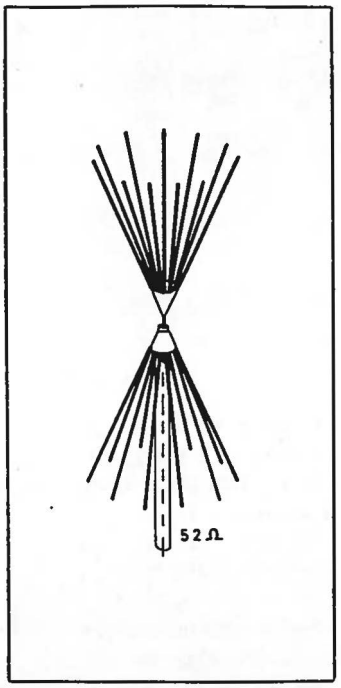



Figura 9.88 Antena doble cono.

Figura 9.89 Antena manguito de dos elementos colineales.

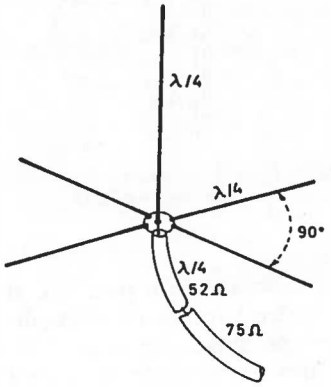



Figura 9.85 Antena de cuarto de onda con plano de tierra artificial

Figura 9.86 Antena de cuarto de onda de manguito.

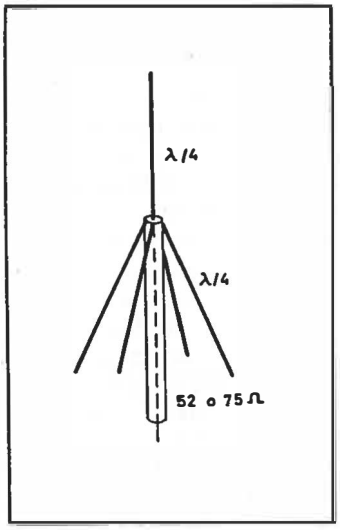



Figura 9.87 Antena de cuarto de onda con radiales inclinados.

Para conectar un cable coaxial de 52 Ω directamente a la antena de cuarto de onda sin necesidad de acoplamientos especiales, hay varias versiones de la misma con modificaciones en el plano de tierra que elevan la impedancia a este valor. Una de ellas es la antena de manguito de cuarto de onda, en la que la mitad inferior de la antena está formada por un tubo de cuarto de onda, por cuyo interior pasa el cable coaxial (figura 9.86).

Otra versión (figura 9.87), presenta los radiales inclinados; según sea su inclinación, permite la conexión con línea coaxial de 75 a 52 Ω.

La práctica ha demostrado que para esta antena, el número mínimo de radiales es de tres, y el máximo de seis; a partir de este número las características de la antena no se ven afectadas por el aumento de radiales y el rendimiento de la misma tampoco mejora.

El ancho de banda de estas antenas puede aumentarse sustituyendo la varilla de cuarto de onda del elemento radiante por varias puestas en forma de cono, semejante a su parte inferior (figura 9.88); en esta antena la longitud de las varillas es de 0,2 longitudes de onda, la anchura de banda llega a una relación de 2 a 1 para la gama de frecuencias con una ROE baja. Normalmente se emplean de 8 a 10 varillas para el elemento radiante e igual número para el plano de tierra.

## 9.29 ANTENA COLINEAL DE MANGUITO

Anteriormente hemos visto la forma de la antena de manguito (figura 9.86). Superponiendo varias de ellas se puede obtener una antena omnidireccional de polarización vertical y con una cierta ganancia.

En la figura 9.89 se representa una antena de dos secciones que proporciona una ganancia de 2,8 dB, pudiéndose apilar tantos elementos como se quiera para

obtener mayores ganancias; así para 10 elementos apilados tendríamos 10 dB.

## 9.30 ANTENA DIPOLO VERTICAL

Si colocamos un dipolo en posición vertical, radiará ondas polarizadas en este sentido y formará un lóbulo de radiación en el plano horizontal, casi omnidireccional. La línea de alimentación del dipolo, así instalado, tendrá que llegar perpendicular a él por lo menos en un tramo de media longitud de onda para evitar influencias mutuas (figura 9.90).

A partir de dipolos verticales se pueden formar redes colineales de radiación vertical, que darán una ganancia aproximada de 1 dB por elemento superpuesto; la alimentación y acoplamiento son similares a los de las redes colineales en posición horizontal (figura 9.91).

Para tener polarización vertical también se puede emplear cualquier antena con radiación horizontal girándola 90° y obtener así las características de directividad y ganancia propias de ellas en el plano vertical, pudiéndose emplear antenas Yagi, rómbicas, etc., para la polarización vertical colocando sus elementos verticalmente.

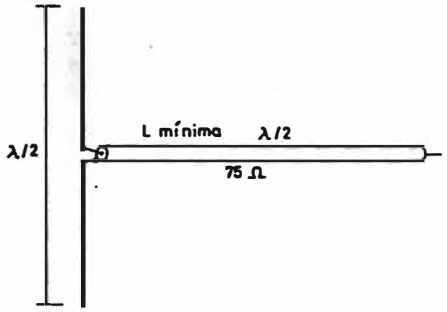



Figura 9.90 Dipolo vertical.

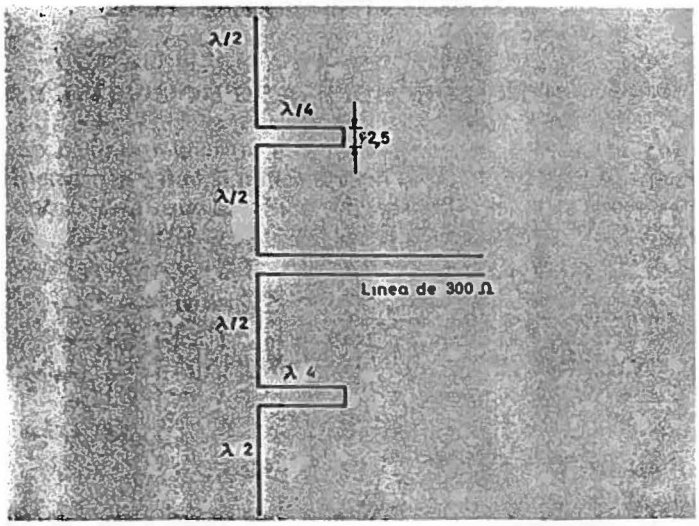



Figura 9.91 Red colineal de cuatro dipolos en polarización vertical.

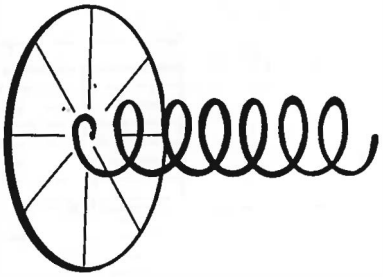


Figura 9.92 Antena helicoidal

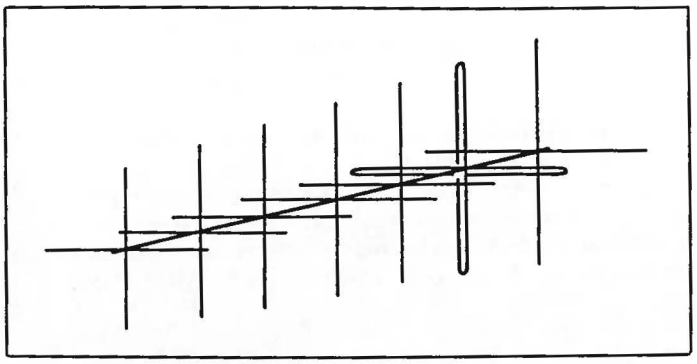


Figura 9.93 Antenas cruzadas.

## 9.31 POLARIZACION CIRCULAR

En VHF o UHF se emplean a veces ondas polarizadas circularmente. Estas ondas tienen sus componentes repartidas por igual entre la polarización vertical y polarización horizontal; en su camino la onda polarizada circularmente puede girar a la derecha o a la izquierda si la componente vertical va adelantada o atrasada respecto a la horizontal.

Una antena de estas características es la antena helicoidal (figura 9.92), formada por unas espiras de diámetro igual a un tercio de la longitud de onda, dispuestas sobre un plano de tierra artificial formada por un círculo de 0,8 longitudes de onda. Cuantas más espiras tenga la antena, mayor será su ganancia; con seis espiras se logran 12 dB de ganancia, siendo la impedancia de la antena de 150 Ω.

Otro sistema para obtener polarización circular emplea dos dipolos o antenas Yagi, una en polarización horizontal y otra en el plano vertical (figura 9.93). Según la forma de alimentarlas, se obtendrá polarización circular derecha o izquierda.

## 9.32 ANTENA CON REFLECTOR ANGULAR

Hemos visto que detrás de un dipolo se coloca un elemento parásito para dirigir la energía radiante hacia una dirección; este elemento puede ser una superficie que si se le da forma de V (figura 9.94) se obtiene una ganancia mayor. Dicha ganancia viene determinada por la distancia al dipolo, el ángulo que forman los planos del reflector en forma de V

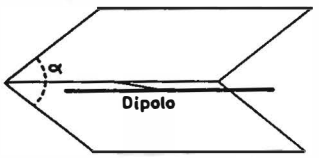



Figura 9.94 Antena de reflector angular

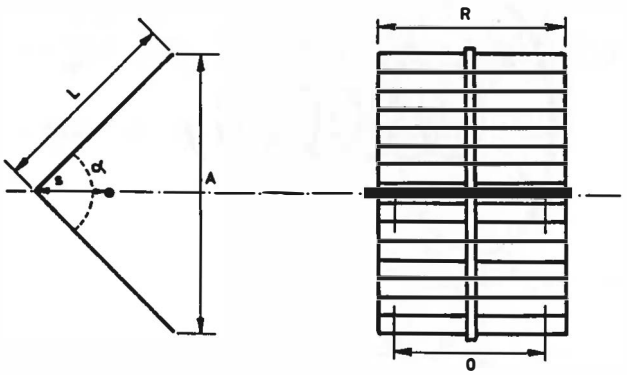



Figura 9.95 Dimensiones de la antena con reflector angular

y el área de esta superficie; igualmente la impedancia se verá afectada por estas variables.

En la práctica, el ángulo está comprendido entre 60° y 90°, y la ganancia para estos ángulos, oscila entre 10 y 15 dB.

A continuación facilitamos unas medidas para esta clase de antenas en las bandas de 144-432-1296 MHz (figura 9.95):

| *Banda* | *L* | *s* | *d* | *D* | *R* | *A* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 144 | 254 | 101 | 15 | 96 | 127 | 254 |
| 432 | 89 | 33 | 3,8 | 32,3 | 51 | 89 |
| 1296 | 30,4 | 11,4 | 1,2 | 10,1 | 20,3 | 30,4 |

## 9.33 ANTENA PARABOLICA

Otra antena que utiliza el principio de superficie reflectora para obtener grandes ganancias, siempre que la relación área de la superficie/longitud de onda sea grande, es la antena parabólica.

Como su nombre indica, se trata de un reflector parabólico, en cuyo foco se instala el dipolo; su lóbulo de radiación es estrecho en los planos vertical y horizontal, de aquí su gran ganancia. Pero al ser este lóbulo muy direccional, requiere una gran rigidez mecánica en su construcción e instalación, pues un pequeño movimiento produciría un fuerte desvanecimiento de la señal a distancia.

Este tipo de antenas se utiliza para el seguimiento de satélites, y en grandes observatorios, pero actualmente son numerosos los radioaficionados que las utilizan para sus comunicados en UHF y SHF.

# sistemas avanzados de comunicación 10

*Jaime Planas Muns*

## 10.1 SISTEMAS ESPECIALES DE COMUNICACION

Generalmente al hablar de radioafición nos imaginamos que todo se reduce a conversaciones más o menos trascendentes por medio de la voz (fonía), y en algunos casos utilizando como medio de comunicación las señales codificadas del alfabeto Morse (telegrafía). Pero al igual que en las comunicaciones profesionales, el radioaficionado ha profundizado y experimentado en un sinfín de medios diferentes a los habituales, medios que merecen ser comentados por su importancia e interés técnico.

### 10.1.1 Era de la especialización

El radioaficionado puede hallar nuevos alicientes en su afición, y diríamos que, al igual que el buen profesional tiende a especializarse a fin de conocer mejor los secretos de su profesión, de idéntica manera al radioaficionado vanguardista le gustará dedicarse a alguna de las especialidades, sacando el máximo provecho educativo de la propia afición.

### 10.1.2 Técnicas especiales

Podríamos detallar a continuación algunas técnicas especiales que utilizan los radioaficionados o bien que están experimentando. Citemos, en primer lugar, la transmisión de señales de televisión y sonido con barrido CCIR (Televisión Amateur, ATV). La televisión a barrido lento (TVBL o SSTV); el facsímil o envío de imágenes con exploración lenta (FAX); el radioteletipo (RTTY); el laser; modulación por impulsos digitales, en banda estrecha, en FM con una sola banda lateral, y transmisiones vía satélite, rebote lunar (EME), etc.

## 10.2 TELEVISION DE AFICIONADOS (ATV)

La palabra televisión está compuesta por *tele,* de procedencia griega, que significa distancia, y por *visión,* de origen latino (video) que significa ver; por lo tanto, claramente se deduce que la palabra televisión quiere decir ver a distancia.

Aunque la televisión parezca un sistema de transmisión aparentemente moderno, realmente las primeras experiencias se remontan hacia el año 1884, en el que Paul Nipkow ideó el célebre disco que lleva su nombre (fig. 10.1), pero no tuvo incremento su aplicación hasta el año 1910, en que las continuas pruebas fueron encaminadas hacia horizontes bien definidos. A partir de este hecho, se empezaron a estudiar diversos sistemas de televisión, llegándose a construir sistemas en color y relieve totalmente mecánicos; pero no fue hasta alrededor de 1920 en que se empezó a investigar el uso de los tubos de rayos catódicos en sistemas de televisión, pasando de unos receptores puramente mecánicos a totalmente electrónicos.

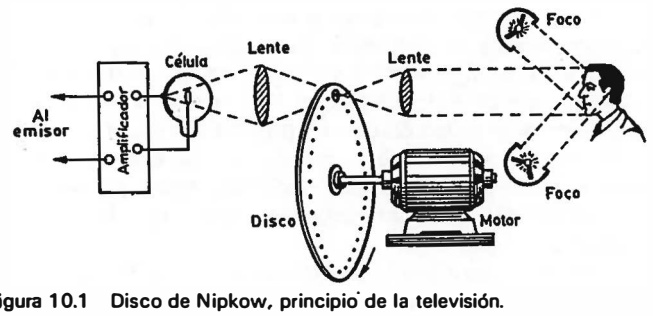



Figura 10.1 Disco de Nipkow, principio de la televisión.

### 10.2.1 Televisión Amateur (ATV)

Utilizando las bandas autorizadas para el radioaficionado podemos emitir señales de televisión y sonido similares a las transmitidas por las cadenas de TV profesionales. Naturalmente, nos referimos al aspecto técnico de dichas transmisiones. Es de resaltar la existencia de estaciones equipadas con varias cámaras, videocintas, sonido, mezcladores, incluso modulación en color. Por lo tanto la ATV permite obtener una emisión de señales de TV en blanco y negro o color, así como de sonido, similar a las señales recibidas en nuestro televisor doméstico.

### 10.2.2 Posibilidades de la ATV

En cuanto al material emitido, lo fácil es transmitir una carta de ajuste, fotografías, el cuarto de la radio, el operador y, para aquellos más valientes, algún montaje en video. En lo que respecta a la cobertura es similar a la obtenida en UHF, aunque inferior a las distancias cubiertas en fonía, puesto que lógicamente la potencia transmitida está más dispersa en el amplio espectro de frecuencia ocupado por una señal de TV, y asimismo no se dispone generalmente de sistemas receptores de la calidad que utilizamos en fonía. Pero como podemos suponer, no sólo es interesante el DX en TVA sino también la cobertura desde un QTH determinado.

### 10.2.3 Descripción sumaria del proceso de la señal en un receptor de televisión

Las señales de televisión que están compuestas por la información de video, sincronismos y sonido, llegan al circuito de antena del receptor, que está integrado por un preamplificador de RF, un mezclador y un oscilador local. Al igual que en un receptor superheterodino, la señal resultante pasa a un circuito de FI (36 MHz), con una anchura de

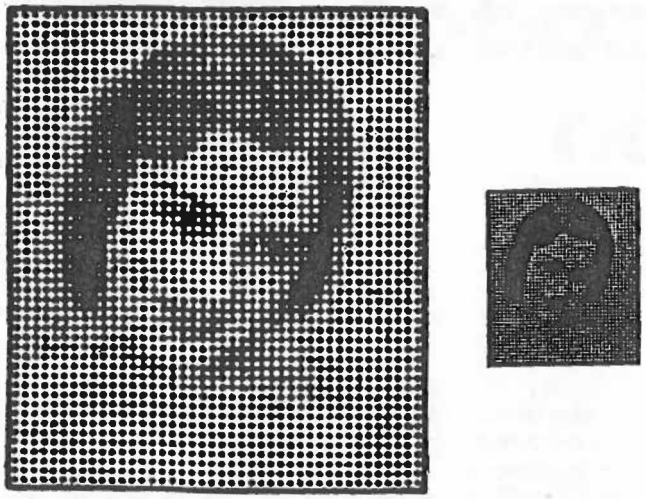


Figura 10.2 Exploración de una imagen de TV.

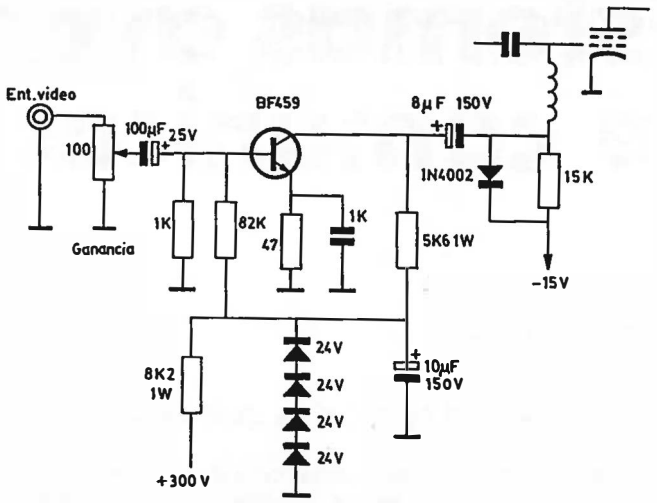



Figura 10.4 Modulador de video

5 MHz para poder abarcar toda la información de video y la subportadora de sonido. Sigue a continuación el detector de video, de donde se extrae la señal de video, sincronismos y la subportadora de sonido (5,5 MHz) que pasa por un segundo amplificador de FI y es demodulada por un discriminador de FM y convenientemente amplificada para poder excitar un altavoz. La señal de video es amplificada hasta el nivel necesario para modular el cátodo del tubo de rayos catódicos (TRC). Los impulsos de sincronismos pasan a un circuito separador, extrayéndose los impulsos verticales y horizontales necesarios para poder sincronizar los respectivos osciladores del receptor con los del transmisor a fin de mantener la imagen estable.

### 10.2.4 Iluminación de la pantalla

Al incidir en la pantalla fluorescente, el haz de electrones emitido por el cátodo del TRC provoca la iluminación en el punto de incidencia: como este haz es desviado vertical y horizontalmente por la unidad de deflexión, provoca la iluminación de todos los puntos posibles en la pantalla y por efecto de la persistencia y la propia del ojo humano da la sensación de que la pantalla está totalmente iluminada. Variando la intensidad del haz electrónico se consigue una variación proporcional en la intensidad lumínica del punto móvil, fiel reflejo de la intensidad lumínica de los puntos explorados por la cámara (figura 10.2).

### 10.2.5 Emisor de TV

El elemento básico es la cámara, cuya misión es convertir en impulsos eléctricos la imagen captada por su óptica. Naturalmente, para que después pueda ser fielmente reproducida la imagen en el receptor no es suficiente que se explore punto a punto su intensidad lumínica, sino que hacen falta unas referencias de principio y fin de cada exploración. Se han normalizado diversos sistemas de exploración; el CCIR consta de 25 cuadros o imágenes completas por segundo, y a la vez cada cuadro está compuesto por 625 líneas horizontales. Las marcas que delimitan estas exploraciones se llaman impulsos de sincronismo, y deben coincidir en la cámara y el receptor. La señal de video más sincronismos es convenientemente amplificada por un circuito que debe tener una anchura de banda desde cero hasta unos 4 MHz, que es la necesaria para obtener una buena definición de imagen. Esta señal modula el transmisor en modulación de amplitud (AM), y generalmente se reduce la portadora y una lateral.

El sonido se emite con otro transmisor separado 5,5 MHz de la fundamental de video en modulación de frecuencia (FM), y aunque se puede modular la portadora de video conjuntamente con la subportadora de audio (fig. 10.3).

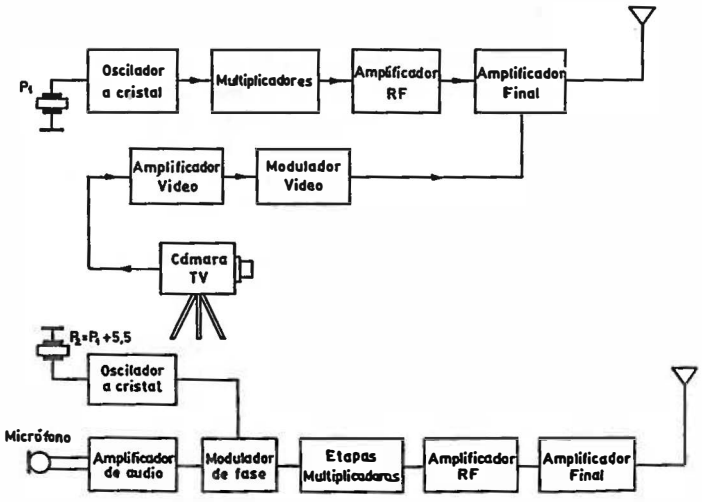



Figura 10.3 Esquema de bloques de un emisor de TVA.

### 10.2.6 Descripción de algunos moduladores prácticos de TVA

Para la modulación de video en AM no se pueden utilizar los circuitos típicos de audio, debido a que el modulador de video debe tener una respuesta plana entre c.c. y unos 4 MHz. En el caso de transmisores potentes se suele utilizar corrientemente la modulación por rejilla de control. El modulador de la figura 10.4 consiste en un amplificador constituido por un solo transistor, de los utilizados en los amplificadores de video de un receptor de TV; este transistor está alimentado a unos 96 V, con lo que se consigue una elevada impedancia de salida, pudiendo tener niveles de video suficientes para modular la rejilla de la válvula transmisora.

Otro circuito más complejo es el descrito en la figura 10.5, compuesto por dos transistores del mismo tipo que el amplificador descrito anteriormente. Este circuito tiene

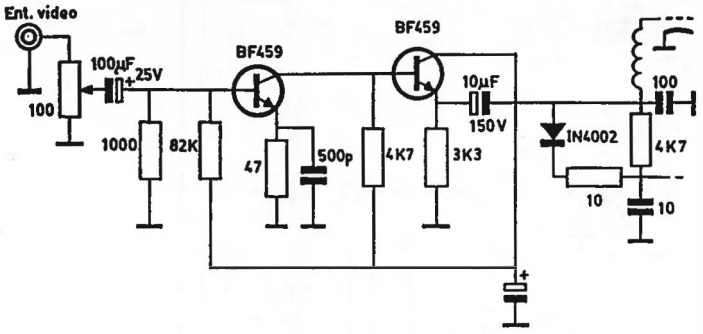



Figura 10.5 Modulador de video

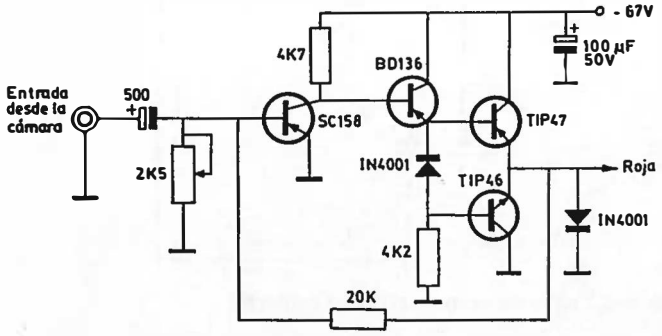



Figura 10.6 Modulador de video

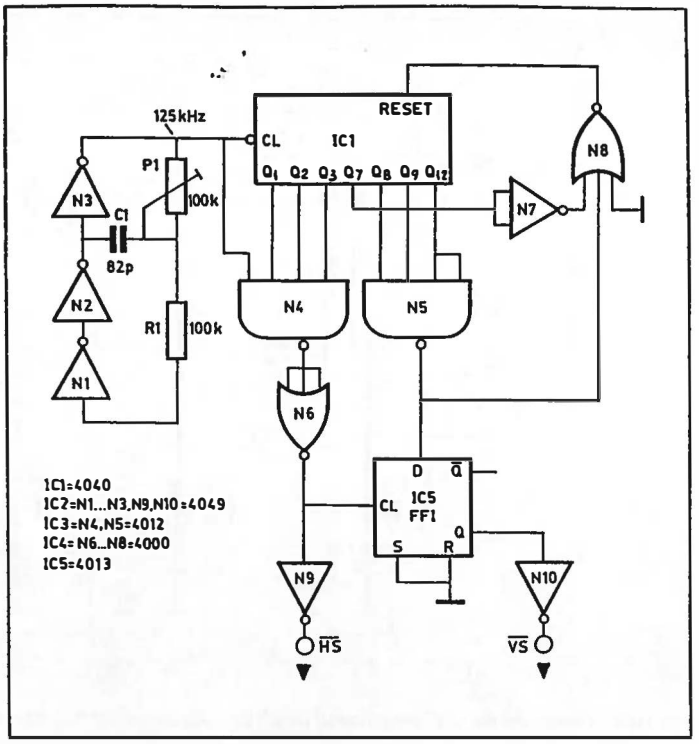



Figura 10.8 Generador de sincronismos.

mayor ganancia y puede modular cómodamente pasos finales de hasta 1 kW de entrada. El acoplamiento entre los dos transistores es de c.c., efectuándose la salida por emisor.

Podemos utilizar el circuito con salida complementaria, descrito en la figura 10.6, muy similar a los empleados en audio. La anchura de banda de este amplificador es de 2,5 MHz a −6 dB, con 20 ohmios de carga resistiva y 4000 pF de carga capacitiva. Anotemos que el modulador descrito anteriormente es ideal para la modulación en video de cualquier transmisor de FM en UHF, considerando los bajos valores de la tensión de trabajo. A estos moduladores se les puede añadir el circuito modulador de la subportadora de audio descrito en la figura 10.7.

### 10.2.7 Descripción de un sistema económico de transmisión en TVA

Este sistema se basa en el aprovechamiento de un receptor comercial de TV, para realizar el barrido sobre una transparencia. El haz que pasa a través de la transparencia es recogido por un fotomultiplicador, y las señales de video son amplificadas por un circuito que incluye un reforzador de alta frecuencia, para compensar los tiempos de retardo y de persistencia del TRC. Deberá construirse un generador de sincronismos para mantener sincronizado el barrido del TRC y el del receptor; para ello utilizaremos el circuito generador de sincronismos de la figura 10.8.

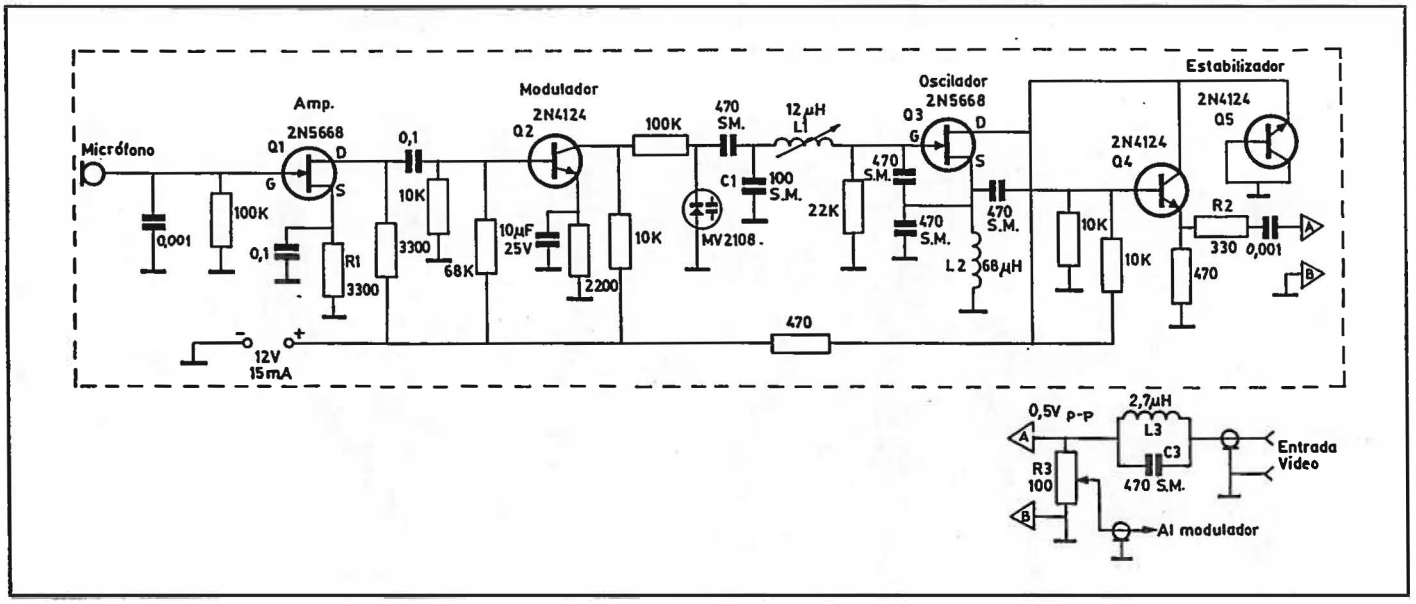



Figura 10.7 Modulador de audio para TVA.

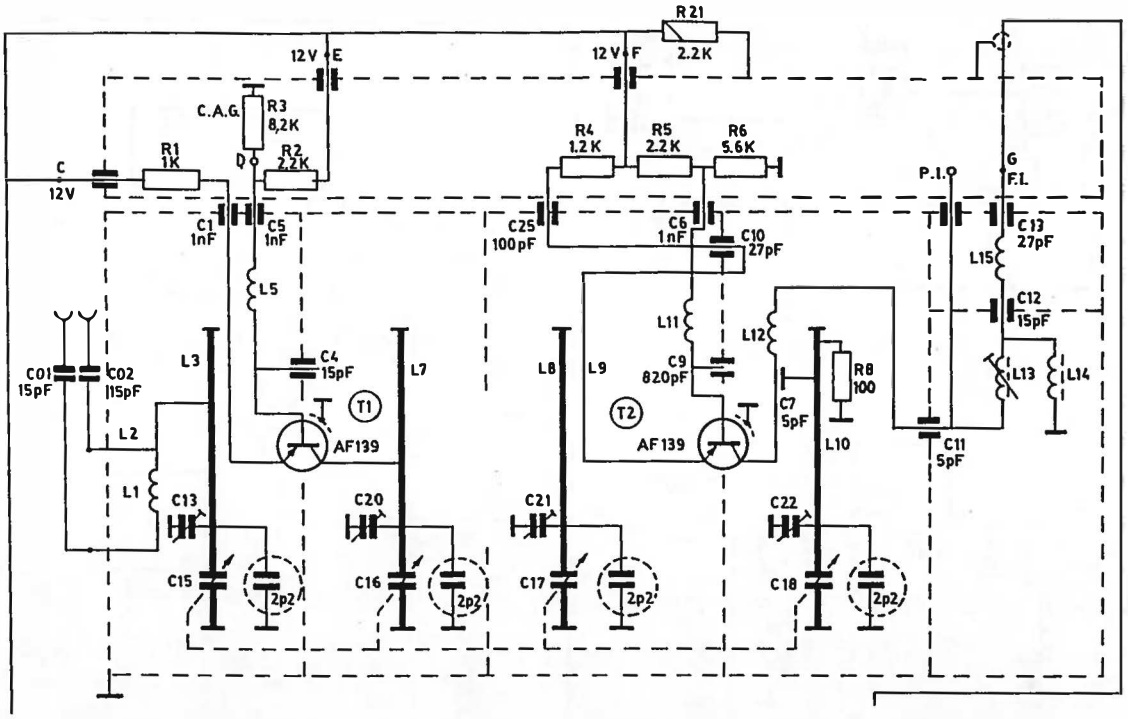



Figura 10.9 Conversor de UHF modificado para TVA, añadiendo los condensadores de 2,2 pF enmarcados en el círculo punteado.

### 10.2.8 Ideas prácticas de TVA

El conversor de UHF de un televisor está preparado para recibir los canales 21 a 69 cuyo margen de frecuencias es de 470 MHz a 820 MHz, que es fácilmente transformable a 432 MHz para la recepción de ATV. La modificación consiste en añadir un pequeño condensador cerámico (del orden de 2,2 pF) en paralelo con cada sección del condensador variable (figuras 10.9 y 10.10), con lo que se consigue bajar la frecuencia mínima de recepción hasta 432 MHz.

Los condensadores de ajuste (trimer) que en muchos sintonizadores son unas chapitas de cobre, se deben reajustar para máxima señal y definición. Es práctico colocar un preamplificador de antena para mejorar la recepción, siendo aconsejable colocarlo lo más próximo posible a la antena. El preamplificador descrito en la figura 10.11 consiste en un transistor de germanio tipo AF239, en configuración de base común. Este amplificador da una ganancia aproximada de 15 dB con un ruido de unos 5 dB.

También puede utilizarse un amplificador comercial de banda ancha, pero el resultado será sin duda inferior a los de un amplificador sintonizado. En los modernos televisores se utilizan sintonizadores de UHF a varicap; en el caso de no cubrir los 432 MHz también puede añadirse una pequeña capacidad del orden de los 2,2 pF en paralelo con los diodos varicap (figura 10.12).

Otra solución es utilizar el transversor de la Microwave MMT432/28 reajustando la baja frecuencia, pasando los 28 MHz a una frecuencia próxima, por ejemplo al canal 2 ó 3 de televisión, y naturalmente cambiar uno de los cristales del oscilador local del MMT432/28 para conseguir la frecuencia de salida deseada en 430-440 MHz. En el esquema de la figura 10.13 podemos observar el modulador (Q1) de la señal generada en el canal deseado de TV (el 2 ó el 3) con el oscilador a cristal. De esta manera el sistema trabajará con una excitación de menos de 10 mW en el canal correspondiente, y recibiremos la señal en el propio canal en un televisor normal (figura 10.14); con ello conseguiremos

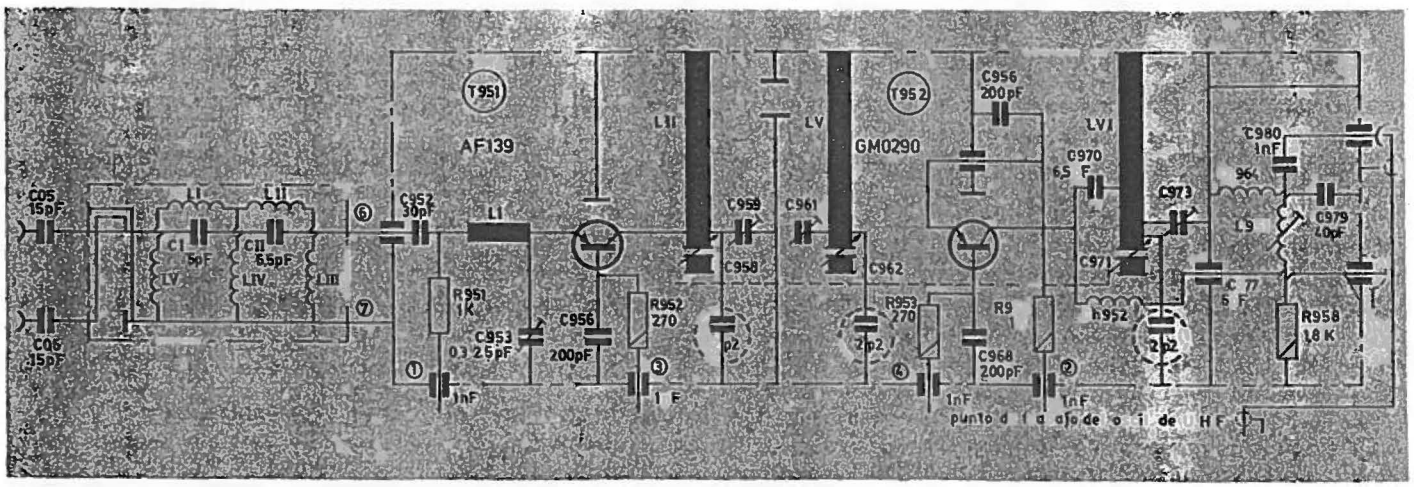



Figura 10.10 Conversor de UHF para TVA, con la variación comentada para trabajo en ATV.

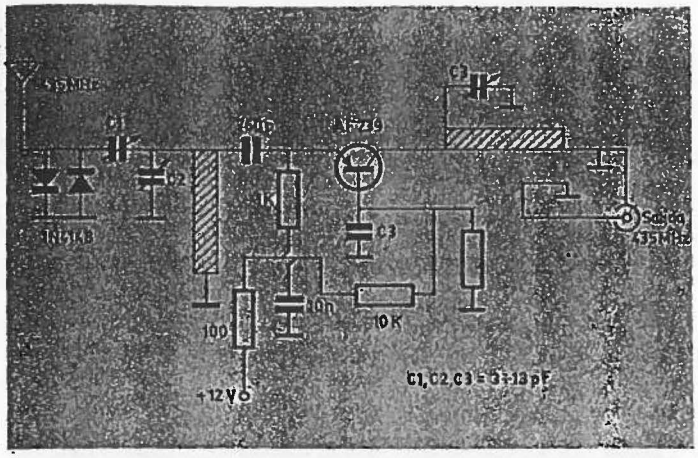



Figura 10.11 Preamplificador de UHF para TVA.

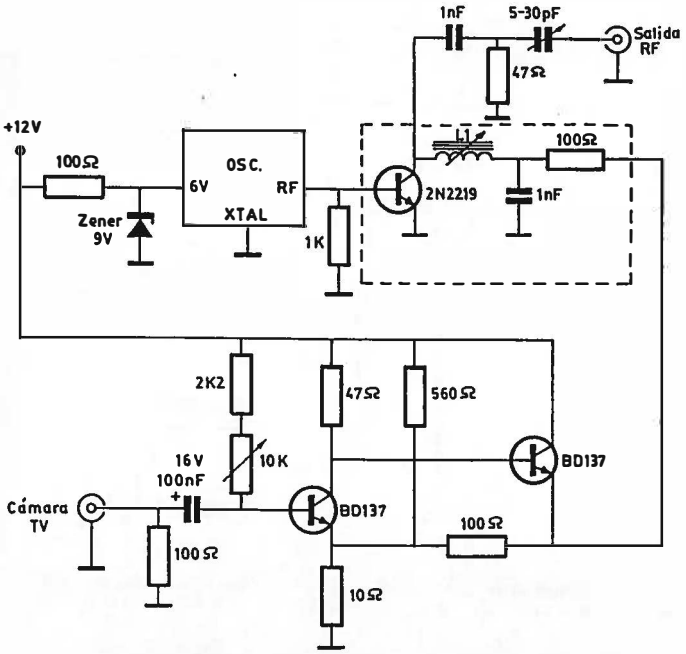



Figura 10.13 Circuito modulador para empleo del sistema TVA con el Microwave MMT432/28. L1 = 15 espiras hilo esmaltado 0,3 sobre forma de 6 mm de diámetro.

transmitir con unos 10 W. Si deseamos que nuestra señal sea más potente, podemos amplificarla con un amplificador lineal de los descritos en el apartado de transmisores, o bien con uno montado con la válvula 2C39 (figura 10.15), que por su simplicidad ofrece una ganancia excelente en 432 MHz. El diagrama de bloques correspondiente será el de la figura 10.16.

Otro de los medios simples y seguros de conseguir una buena señal de TV en 432 MHz es emplear un módulo transmisor de FM en dicha frecuencia, de una potencia de

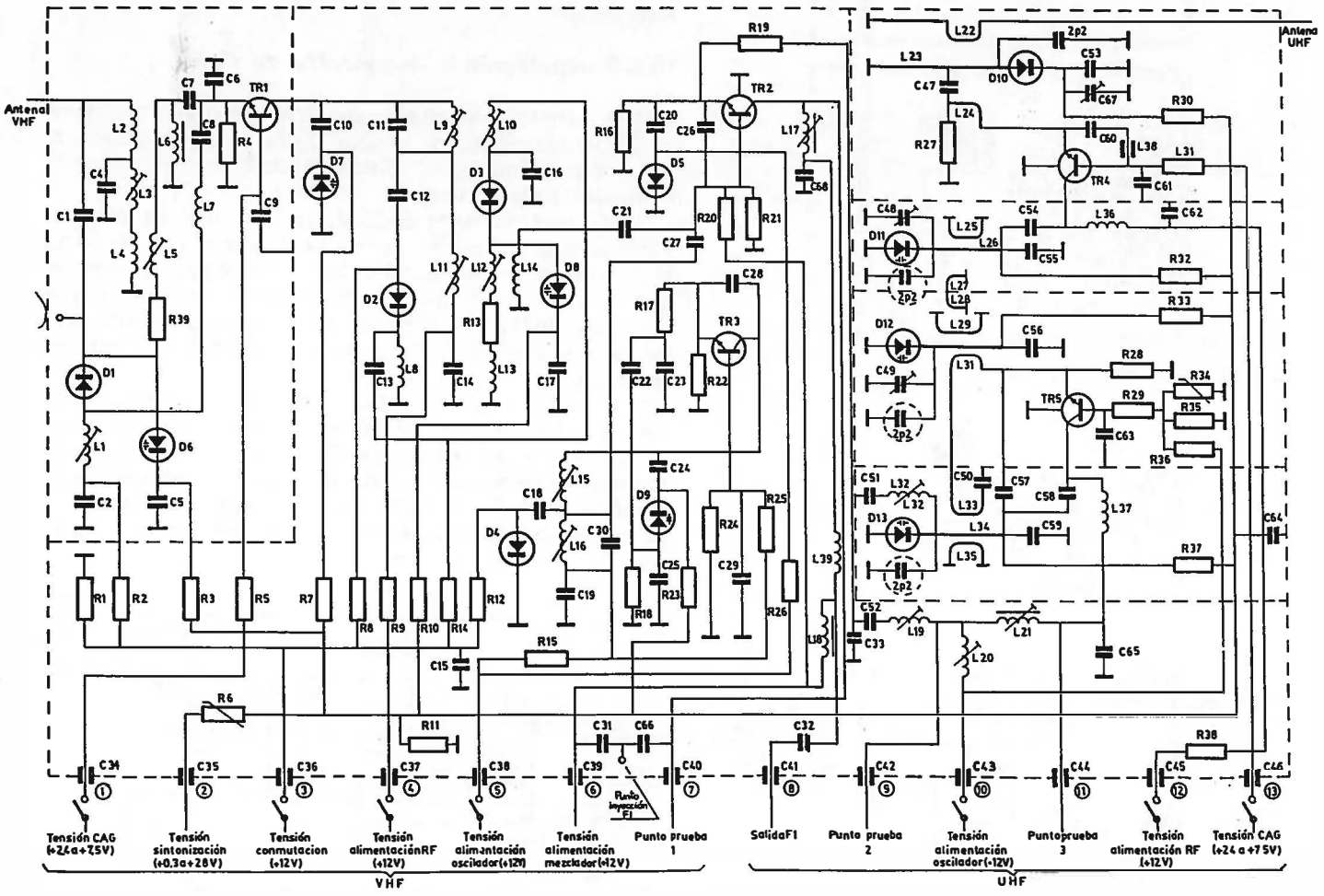



Figura 10.12 Conversor de UHF a varicap, para servicio TVA.

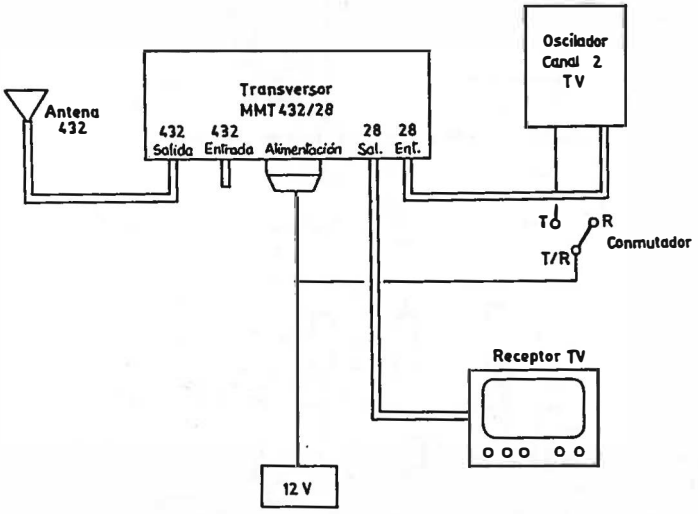



Figura 10.14 Esquema de montaje del sistema TVA basado en el Microwave 432/28, de 10 W PEP.

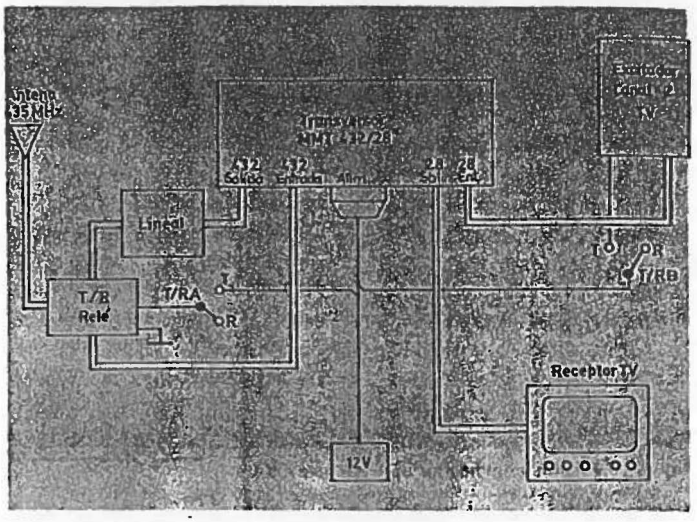



Figura 10.16 Esquema del sistema de la figura 10.14 con el amplificador lineal incorporado.

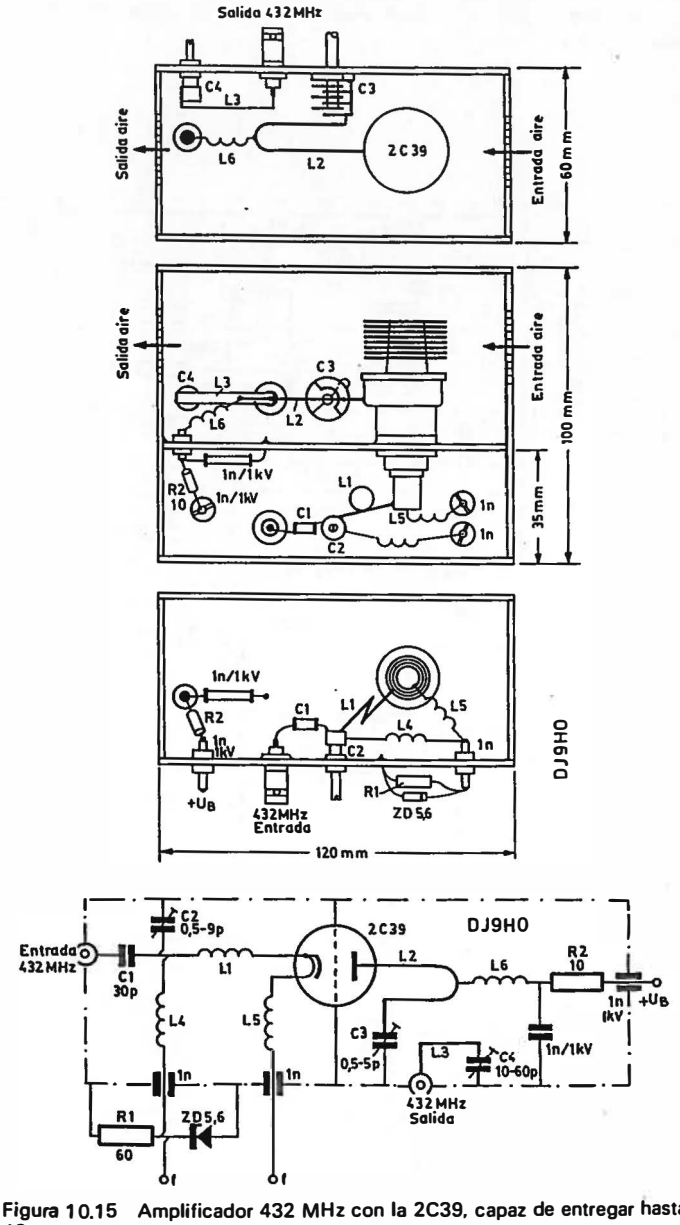



Figura 10.15 Amplificador 432 MHz con la 2C39, capaz de entregar hasta 42 vatios. Diseñado por DJ9HO.

salida comprendida entre los 0,1 y 1 vatio y modular dicha señal con un modulador de video similar al de la figura 10.6 o, si el excitador es de muy poca potencia, con el ilustrado en la figura 10.13. En el caso de desear amplificar la señal entregada por el excitador hasta unos 10 W es común el empleo de los módulos amplificadores tales como el descrito en la figura 10.17, y que se basa en el híbrido de Motorola MHW-710.

### 10.2.9 Instalación de la estación de TVA

Para instalar una estación de TVA, debemos considerar inicialmente tres puntos básicos: 1) excelente sensibilidad; 2) coste razonable; 3) disponibilidad de componentes montados y experimentados.

Según nos comenta EA3SM, en un sinfín de pruebas efectuadas con diferente material del mercado, los mejores resultados en lo que a sensibilidad se refiere se han obtenido con una antena diseñada para TVA por la TONNA, y a continuación la JBEAM 88; son los elementos radiantes que mejores resultados le han dado en todas las pruebas realizadas.

Si importante es la situación, más lo es la atenuación de señal por las pérdidas del cable; por ello cuanto más corto sea y de mejor calidad, tanto mejor, pues menos potencia en transmisión se nos perderá por la línea y de más tensión de señal recibida dispondremos en el receptor. En cuanto al conversor, puede servir uno de TV normal, con el reajuste

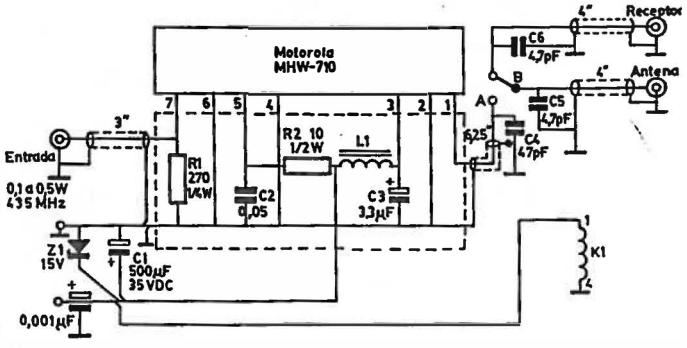



Figura 10.17 Amplificador para ATV, equipado con el módulo Motorola MHW-710.

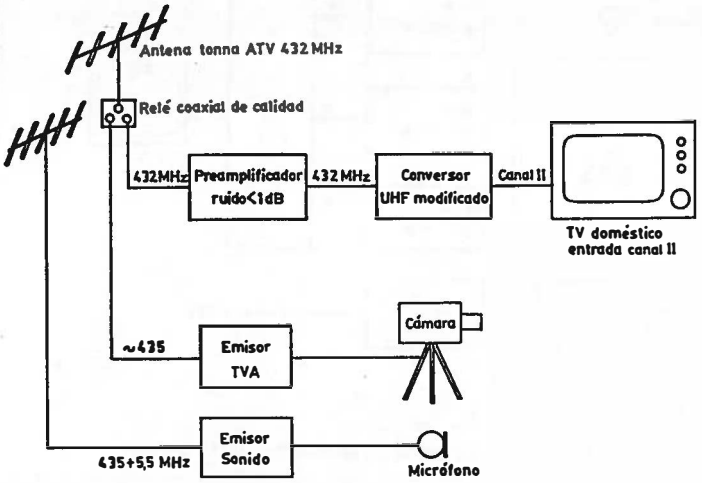



Figura 10.18 Sistema recepción TVA.

comentado; en este caso será de gran utilidad disponer de un buen previo entre la antena y el mencionado sintonizador. Recordemos que el propio sintonizador tiene un papel predominante en cuanto a la sensibilidad total del sistema. Otra solución es el empleo de los conversores fabricados por Microwave u otras firmas comerciales. Interesa que el ruido del primer paso sea lo más bajo posible, puesto que el ruido aparece como nieve en la pantalla. En la figura 10.18 podemos observar un conjunto típico de recepción de TVA.

## 10.3 TELEVISION EN BARRIDO LENTO TVBL (SSTV)

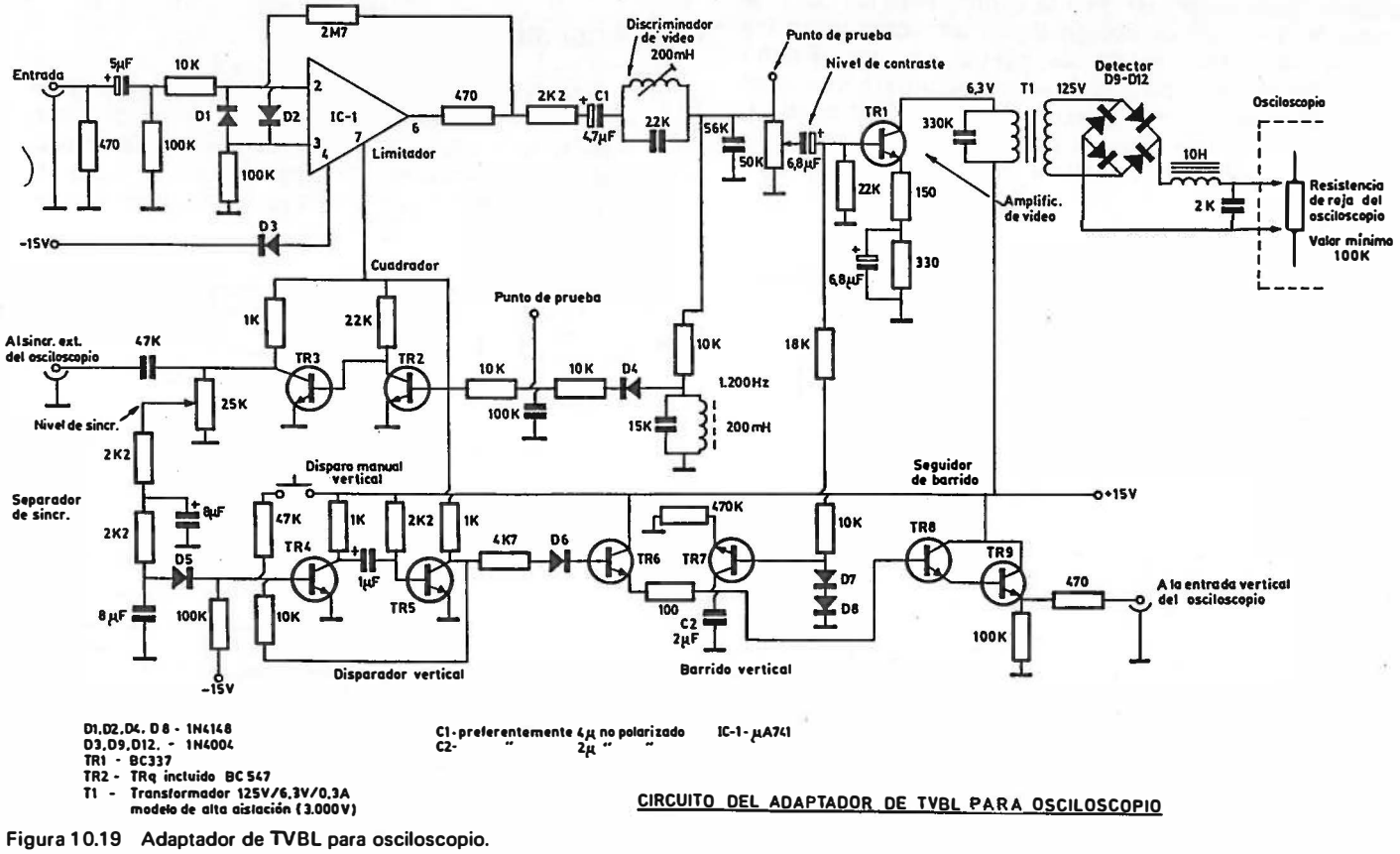
Uno de los problemas de la TVA es el gran ancho de banda ocupado, que restringe su uso a frecuencias elevadas (430 MHz y superiores) y no permite comunicaciones a gran distancia (DX). Para solventar este problema fue ideada la TV de barrido lento (TVBL). Las primeras pruebas de este nuevo sistema de TV fueron realizadas en la banda de 11 metros a finales del año 1958 en EE.UU.

La TVBL consiste en una señal de audio de 2000 Hz, modulados en frecuencia, con frecuencias que corresponden a: 1200 Hz de sincronismos; 1500 Hz nivel de negro; 2300 Hz nivel de blanco. La escala de grises está comprendida entre 1500 y 2300 Hz. El número de líneas horizontales es de 120, la velocidad de barrido horizontal es de 15 Hz en países con una frecuencia de red de 60 Hz, y de 16,66 Hz en países con 50 Hz. Los tiempos de barrido vertical son 8 segundos y 7,2 segundos, respectivamente. Los sentidos de barrido son de izquierda a derecha, y de arriba abajo. El ancho de banda en cualquiera de estos casos nunca es superior a 2500 Hz, lo que nos permite su uso en equipos de fonía, pudiéndose utilizar las bandas de DX.

### 10.3.1 Adaptador para visionar TVBL en un osciloscopio

Este circuito permite recibir imágenes de TVBL en un osciloscopio. El oscilador de barrido horizontal del osciloscopio debe poder sincronizarse exteriormente y tener la entrada vertical capaz de trabajar en c.c.

El circuito consta de un amplificador limitador con un UA741, seguido de una bobina discriminadora, sintonizada a 2350 Hz; de aquí que se reciban los sincronismos con un circuito sintonizado a 1200 Hz; estos impulsos sincrónicos se rectifican y filtran y son amplificados por un circuito de dos etapas, que da a su salida impulsos horizontales de 15 V. La tensión de barrido vertical debe tener un tiempo de




D1,D2,D4, D8 - 1N4148
D3,D9,D12, - 1N4004
TR1 - BC337
TR2 - TRq inctuido BC 547
T1 - Transformador 125V/6,3V/0,3A modelo de alta aislación (3.000V)

C1-preferentemente 4µ no polarizado
C2- " 2µ " "

IC-1-µA741

CIRCUITO DEL ADAPTADOR DE TVBL PARA OSCILOSCOPIO

Figura 10.19 Adaptador de TVBL para osciloscopio.

subida muy rápido y una caída lineal, para separar los impulsos verticales de los horizontales se utiliza un separador de sincronismo. Estos impulsos alimentan un disparador constituido por un multivibrador monoestable, preveyéndose un pulsador para disparo manual en caso de que se pierda un impulso de sincronismo vertical.

Los impulsos verticales son recogidos en el emisor de TR9 (figura 10.19) con tensiones de c.c. que varían entre 5 y 10 V; se elige la tensión mínima de 5 V para que el punto del TRC del osciloscopio esté fuera de la pantalla cuando no haya recepción.

La señal de video presente en el discriminador es amplificada y rectificada convenientemente. Para modular la rejilla del TRC, su resistencia deberá ser de 100 kΩ por lo menos; si no fuera así, deberá cambiarse por una del valor adecuado. Recuérdese que en esta parte del circuito hay tensiones elevadas (1000-2000 V), debiéndose tener las precauciones adecuadas. La mayoría de osciloscopios tienen un TRC de corta persistencia con fósforo del tipo P1, que no es adecuado para TVBL debido a que la formación de una imagen completa dura 8 segundos, por lo que este TRC deberá cambiarse por uno de larga persistencia, con fósforo del tipo P7.

### 10.3.2 Convertidor de TV barrido lento a barrido rápido

Este circuito permite visionar las señales de TVBL procedentes de un receptor de comunicaciones en un aparato receptor de TV doméstico. Este tipo de conversor recoge las señales de video de TVBL que son demoduladas para extraer de ellas las señales de video y sincronismos. Una vez obtenidas las señales de video, mediante un convertidor analógico-digital (A/D) son transformadas en impulsos o señales en código digital; estas señales son almacenadas en un circuito de memoria de 64 Kbits, que es de capacidad suficiente para almacenar toda la cantidad de puntos que forman la imagen; este código digital almacenado en las memorias es transformado de nuevo, por un sistema convertidor digital-analógico (D/A) cuya salida es una señal de video compatible con el sistema normal de TV doméstica. El primer contacto en TVBL (SSTV) vía Oscar IV tuvo lugar en Octubre 1972, entre W9UHV y W9NTP.

### 10.3.3 TVBL color

Recientemente varios radioaficionados han experimentado y desarrollado varios sistemas de televisión de barrido lento en color. Para ello se han seguido varios sistemas. Inicialmente y durante el año 1979 se efectuaron las primeras pruebas entre EE.UU. e Inglaterra con resultados excelentes. Se utilizó un sistema de TVBL (SSTV) convencional, con la salvedad de enviar varias exploraciones de la misma imagen consecutivas, y cada una de ellas se exploraba con un filtro de color (rojo, verde y azul), a la vez que en la recepción se impresionaba la señal recibida en una Polaroid bajo la misma secuencia de filtros que en la transmisión. Según los autores se mejoró la calidad a base de aumentar las exposiciones en determinados colores. Así se ha ido experimentando con varios sistemas y actualmente parece que los más utilizados son aquellos que memorizan, en grandes memorias de circuito integrado, la información de la imagen desglosada en cada uno de los tres colores.

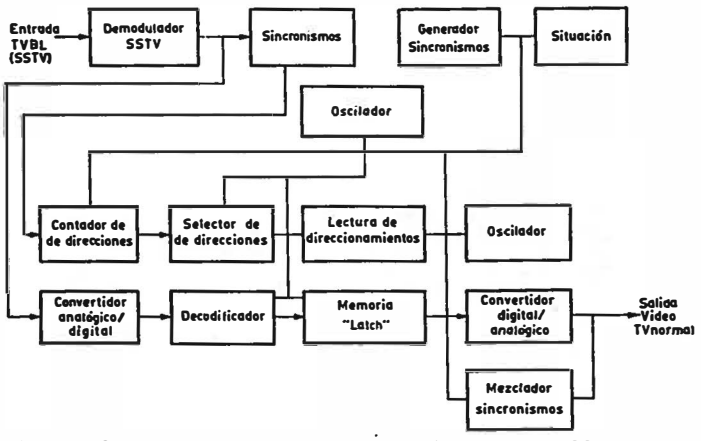



Figura 10.20 Esquema de bloques del convertidor de TVBL (SSTV) o TVA (FSTV).

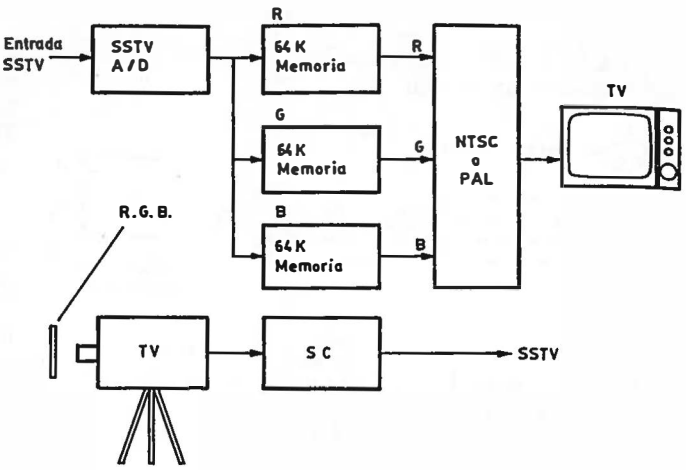



Figura 10.21 Esquema de bloques de un sistema de TVBL en color.

## 10.4 FACSÍMIL

Es un sistema electrónico o electromecánico que permite transmitir a distancia información gráfica de imágenes fijas. Generalmente se envían fotografías, mapas, etc. El medio empleado habitualmente es el hilo o las ondas de radio.

Como ejemplo típico de imágenes vía facsímil tenemos las

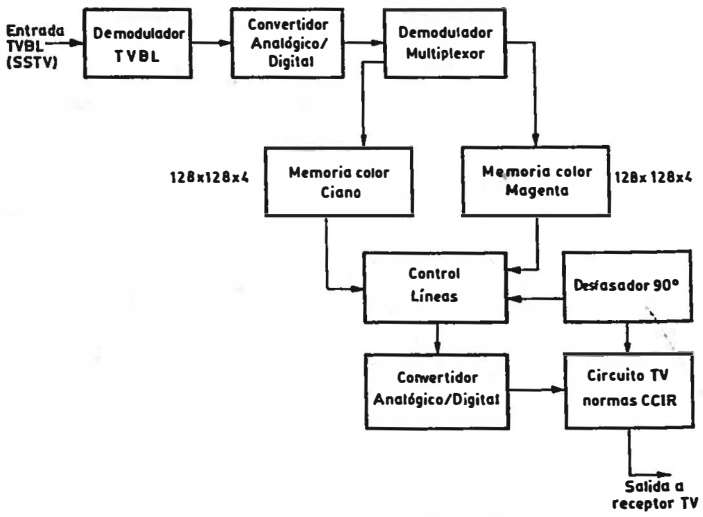



Figura 10.22 Esquema de bloques de otro sistema de TVBL en color.

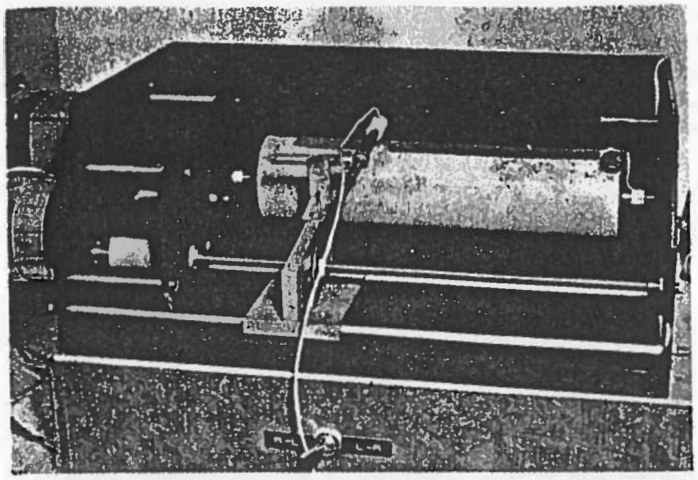


Figura 10.23 Sistema de facsímil montado a partir del kit que se comercializa en EE.UU. También existen equipos de desguace que modificados son utilizables. Observar los motores de giro del tambor y de avance del estilete, con lo que se consigue la exploración completa.

fotografías emitidas por radio para usos periodísticos. Como ejemplo que cubre toda una parcela de la radioafición tenemos el envío de fotografías para fines meteorológicos desde los satélites (Tiros, Essa, Goes, etc.).

Los equipos profesionales son de un elevado coste, por lo que generalmente debe fabricarse uno mismo el sistema de facsímil, siendo esta una faceta que conserva el encanto de la inventiva y experiencia en electrónica.

### 10.4.1 Transmisión

El sistema más generalizado para la conversión de dibujos o imágenes en señales eléctricas, se basa en el barrido fotográfico de la imagen. La imagen que deseamos convertir y transmitir, cuyo soporte es flexible (papel), se coloca en la periferia de un cilindro o tambor que se explorará punto a punto y línea a línea, gracias a un movimiento longitudinal del sistema de exploración y rotatorio para el salto de línea a línea.

En uno de los sistemas el papel se coloca en el cilindro de la máquina convertidora, y ésta va transmitiendo impulsos cuya intensidad corresponde a unos valores que son función de la intensidad y contraste de la muestra.

Naturalmente, la luminosidad y la posición de cada uno de estos puntos en la pantalla deben corresponder a las de los puntos respectivos de la imagen reproducida; para ello se emplean los impulsos de sincronismo.

### 10.4.2 Recepción de facsímil

La mayoría de equipos en uso para aficionados se basan en sistemas electromecánicos o fotoelectrónicos. En el sistema electromecánico, las variaciones de intensidad de la señal eléctrica detectada corresponden a las variaciones de tono entre los blancos y los negros del original transmitido. Ahora podremos convertir estas variaciones de intensidad eléctrica en los respectivos blancos, grises y negros. Para ello disponemos de tres soluciones, según el tipo de papel que se utilice: electrolítico, electrotérmico y fotosensible.

En los casos de papel electrolítico o electrostático se emplea un estilete que va explorando, mediante un sistema electromecánico, la hoja de papel sensible que se ha enrollado en torno a un tambor giratorio. El paso de una corriente intensa producirá un ennegrecimiento proporcional a la misma.

En el caso del papel fotosensible, en vez del estilete utilizaremos una lámpara. La señal demodulada hará variar la intensidad luminosa de la lámpara y su haz proyectado irá incidiendo en el papel sensible que estará enrollado en el correspondiente tambor. El papel así expuesto será tratado como papel fotográfico en el cuarto oscuro. Generalmente, a menor diámetro del haz, mayor definición; pero esto, naturalmente, tiene un límite y parece adecuado un diámetro de 2,5 mm para una resolución de **40** líneas por centímetro.

Otro método utilizado con éxito por EA3SR consiste en proyectar el haz en la pantalla de un televisor que se sincroniza a las velocidades del facsímil, y disponer de una máquina fotográfica con el objetivo abierto durante toda la exploración y ajustando el diafragma e intensidad del haz sobre la pantalla para una máxima nitidez y definición de la fotografía conseguida. Naturalmente, al disponer de un barrido electrónico de la imagen no existirán problemas mecánicos de velocidad y sincronismo. El uso de máquinas fotográficas con salida de positivos instantáneamente (Polaroid, Kodak) nos permitirá disponer de pruebas al momento, y así efectuar los ajustes antes comentados hasta conseguir la mejor imagen. Recordemos que son señales de audio y por tanto con posibilidad de almacenar en un buen magnetofón o cassette.

### 10.4.3 Sincronismo

Al igual que en cualquier tipo de reproducción (sonido), es básico conseguir que las velocidades de exposición del original en el transmisor, y las de reproducción en el receptor sean lo más iguales posible, pues de ello dependerá la

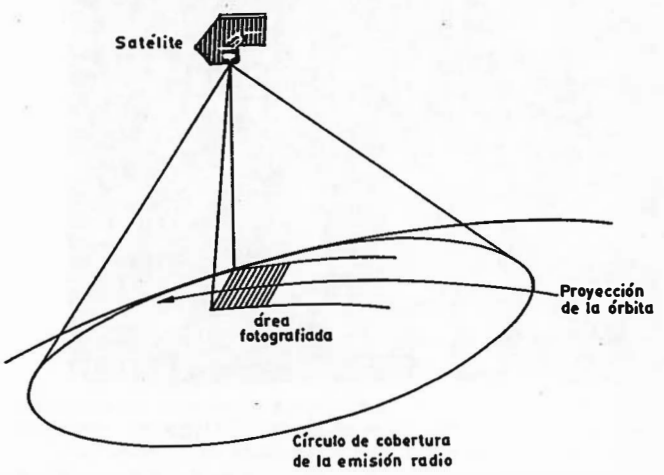



Figura 10.24 Cobertura relativa de la emisión de radio, y de la fotografía enviada del satélite TIROS-N

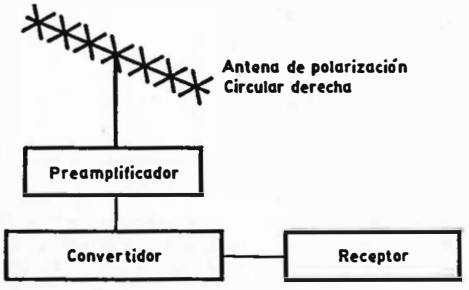



Figura 10.25 Sistema de recepción de las señales del satélite en VHF, en módulos.

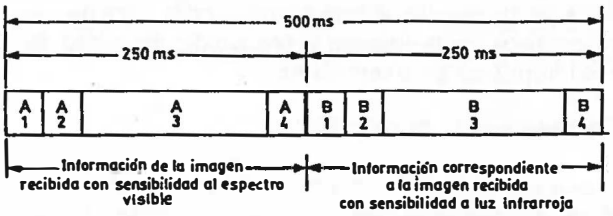



Figura 10.26 Formateado de una línea de video transmitida por el TIROS-N.

calidad de la imagen recibida. Las diferencias en la velocidad de exploración provocarán unos desgarres en diagonal de la imagen reproducida, y según sean en un sentido u otro nos darán idea si nuestro sistema se adelanta o atrasa con respecto a la fuente.

En la subportadora de AM se usa la frecuencia de 2400 Hz, que dividida por 40 produce los 60 Hz utilizados en América. Otro método es emplear osciladores estables y utilizar frecuencias submúltiplo.

Asimismo y de manera parecida a la que hemos visto en la televisión, deben transmitirse unos impulsos para que a cada fin de línea exista un retorno al principio, o sea a la derecha del papel, y para que la imagen no se extienda hasta la parte ya expuesta o quemada por la anterior.

Los valores utilizados varían según los servicios e incluso de una a otras máquinas.

### 10.4.4 Satélites meteorológicos

Aparte de las comunicaciones entre radioaficionados, una faceta interesante dentro de la dedicación al facsímil, es la recepción de las fotografías meteorológicas transmitidas por los satélites.

Existen dos posibilidades para la recepción según sean los satélites de órbita polar, o geoestacionarios (aparentemente estáticos para la antena receptora terrestre). Asimismo las frecuencias de emisión son muy distintas en ambos casos.

En un continuado y exhaustivo estudio publicado en «Radiorivista» por I4MY se especifica que a finales de 1980 la situación mundial de satélites meteorológicos geostacionarios era como sigue: el SMS-1 de USA a 131,1 grados oeste y parado, el SMS-2 (Goes-East) en funcionamiento a 75,0 grados oeste, el Goes-2 en 104,5 grados oeste, el Goes-3 en 135,4 grados oeste funcionando normalmente así como el japonés GMS en 140,0 grados este, todos ellos transmitiendo en 1691 MHz. El Goes-4 a 97,7 grados oeste y el Europeo Meteosat-1 a 0,0 en situación de transmisión parcial. Por la necesidad de disponer de información exhaustiva continúan lanzándose desde Rusia los GOMS y en Europa los METEOSATS.

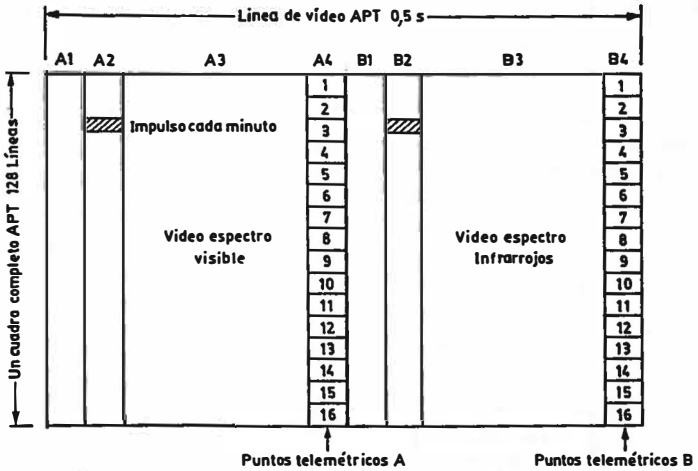



Figura 10.27 Conjunto de la información transmitida por el TIROS-NOAA. Los puntos telemétricos son: 1) Indice de modulación 10,6 %; 2) Id. 21,5 %; 3) Id. 32,4 %; 4) Id. 43,3 %; 5) Id. 54,2 %; 6) Id. 65,2 %; 7) Id. 76 %; 8) Id. 87 %; 9) Id. 0 %; 10) Temperatura en 1; 11) Id. en 2; 12) Id. en 3; 13) Id. en 4; 14) Id. en 5; 15) Identificación de punto de exploración; 16) Identificación del canal transmitido.

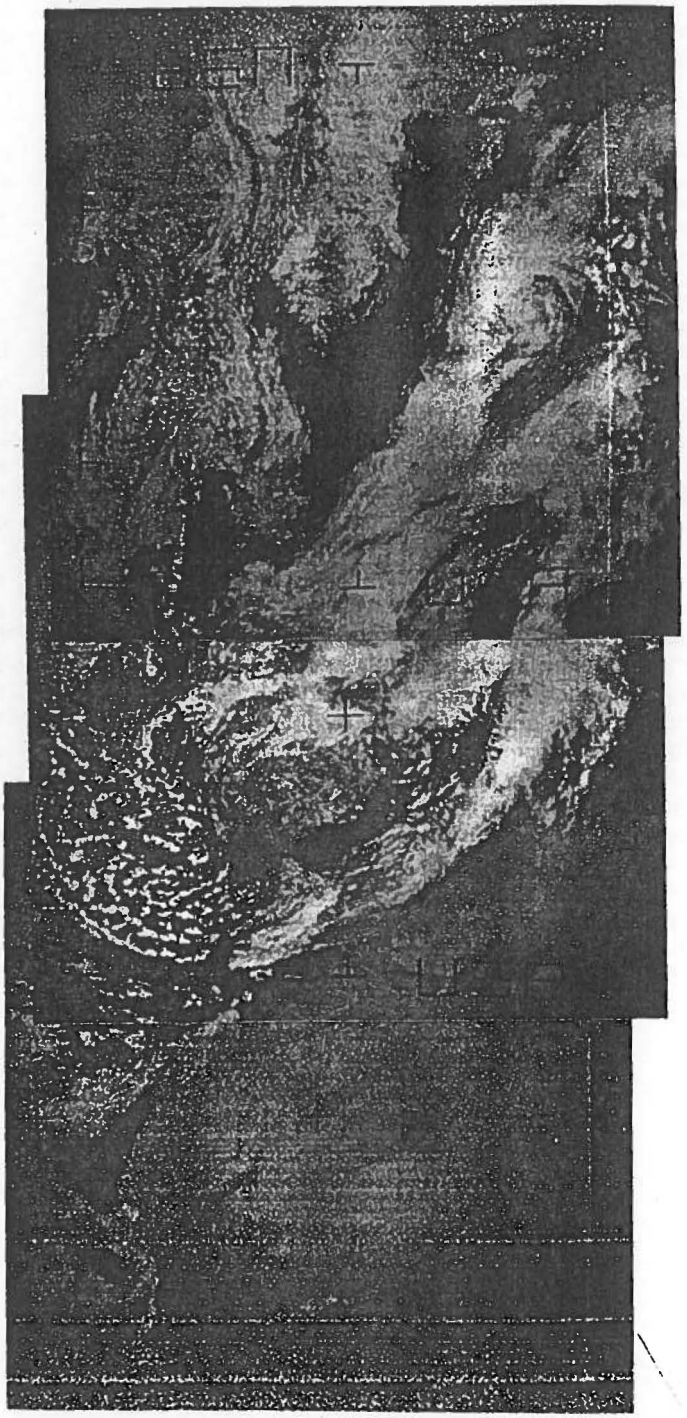


Figura 10.28 Composición de tres fotografías recibidas en una pasada por encima de la Península Ibérica, y el norte de Africa. En Inglaterra y Francia las densas nubes imposibilitan una clara visión. Observar las interferencias al principio de la imagen superior y al final de la inferior, momentos de mínima señal en la recepción del satélite por la mayor distancia. Recibidas en Barcelona por EA3SR.

| *Satélite* | *Fecha de lanzamiento* | *Período en min.* | *Inclinac. en grados* | *Apogeo km* | *Perigeo km* |
|---|---|---|---|---|---|
| TIROS 1 | 1 abr. 1960 | 99,0 | 48,3 | 738 | 689 |
| TIROS 2 | 23 nov. 1960 | 98,0 | 48,5 | 714 | 611 |
| TIROS 3 | 12 jul. 1961 | 100,3 | 47,9 | 811 | 736 |
| TIROS 4 | 8 feb. 1962 | 100,2 | 48,2 | 838 | 706 |
| TIROS 5 | 19 jun 1962 | 100,3 | 56,1 | 952 | 594 |
| TIROS 6 | 18 set. 1962 | 98,5 | 58,3 | 705 | 677 |
| TIROS 7 | 19 jun 1963 | 97,1 | 58,2 | 631 | 611 |
| TIROS 8 | 21 dic. 1963 | 99,2 | 58,4 | 79 | 695 |
| NIMBUS 1 | 28 ago. 1964 | 94,6 | 98,7 | 619 | 389 |
| TIROS 9 | 22 ene. 1965 | 119,1 | 96,3 | 2580 | 705 |
| TIROS 10 | 2 jul. 1965 | 100,5 | 98,4 | 835 | 740 |
| ESSA 1 | 3 feb. 1966 | 100,2 | 97,8 | 839 | 701 |
| ESSA 2 | 28 feb. 1966 | 113,4 | 100,9 | 1417 | 1356 |
| NIMBUS 2 | 15 mayo 1966 | 108,0 | 100,3 | 1182 | 1096 |
| ESSA 3 | 2 oct. 1966 | 114,5 | 100,9 | 1488 | 1388 |
| ESSA 4 | 26 ene. 1967 | 113,4 | 102,0 | 1442 | 1328 |
| ESSA 5 | 20 abr. 1967 | 113,5 | 101,9 | 1424 | 1356 |
| ESSA 6 | 10 nov. 1967 | 114,8 | 102,0 | 1486 | 1411 |
| ESSA 7 | 16 ago. 1968 | 114,9 | 101,9 | 1475 | 1433 |
| ESSA 8 | 15 dic. 1968 | 114,6 | 101,7 | 1466 | 1415 |
| ESSA 9 | 26 feb. 1969 | 115,2 | 101,9 | 1507 | 1426 |
| NIMBUS 3 | 14 abr. 1969 | 107,3 | 99,8 | 1136 | 1075 |
| ITOS 1 | 23 ene. 1970 | 115,0 | 102,0 | 1481 | 1436 |
| NIMBUS 4 | 8 abr. 1970 | 107,1 | 99,8 | 1103 | 1091 |
| NOAA 1 | 11 dic. 1970 | 114,8 | 101,9 | 1476 | 1426 |
| NOAA 2 | 15 oct. 1972 | 115,01 | 101,7 | 1454 | 1448 |
| NOAA 3 | 6 nov. 1973 | 116,19 | 102,0 | 1509 | 1499 |
| NOAA 4 | 15 nov. 1974 | 115,0 | 101,7 | 1457 | 1443 |
| NOAA 5 | 29 jul. 1976 | 116,3 | 102,1 | 1520 | 1502 |
| TIROS N | 13 oct. 1978 | 102,05 | 98,9 | 878 | 852 |
| NOAA 6 | 27 jun. 1979 | 101,18 | 98,8 | 838 | 812 |

**Figura 10.29** Relación de los satélites meteorológicos colocados en órbita por los EE.UU.

### 10.4.5 Satélites meteorológicos en órbita

Hace más de veinte años que la Tierra es observada por esos «ojos» artificiales que también el hombre ha conseguido situar en el firmamento. El programa primitivo Tiros (Televisión Infrared Observation Satellite) se inauguró con el lanzamiento del Tiros-1 en el primer día de abril de 1960.

Los primeros satélites sólo cubrían el 20 % de la esfera terrestre en su órbita diaria, mientras que los actuales, cuya órbita está sincronizada con el Sol, ya cubrieron la totalidad del globo en su diario deambular; esto ocurrió con el Tiros-9.

Siguieron cuatro satélites de la serie Nimbus de la Nasa, cuya aplicación principal fue el ensayo de la instrumentación propiamente en órbita.

Tras una época con los ESSA-1 (Environmental Survey Satellite) que transmitían información a dos estaciones receptoras en Virginia y Alaska, se continuó con el programa Itos-1 (Improved Tiros Operational Satellite). Los cinco satélites que continuaron el programa recibieron la siglas NOAA (de National Oceanic and Atmospheric Administration).

Y en la actualidad, continuando con las siglas NOAA, del 6 al 12 se considera que forman parte del programa reiniciado TIROS-N el cual está previsto que dure hasta 1985. Las baterías solares le permiten una carga de unos 420 W. Lleva incorporados varios instrumentos para la lectura de datos atmosféricos directos y del estado del propio satélite. Transporta, además el sistema AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) que capta imágenes de la Tierra con la formación de nubes correspondiente y después las transmite a la tierra a través del correspondiente emisor.

El sistema utilizado para la transmisión de imágenes se llama APT (Automatic Picture Transmission).

La información video se transmite con una subportadora de 2400 Hz y una modulación máxima del 87 %. La exploración se efectúa a 120 líneas por minuto. En las figuras 10.26 y 10.27 se observa el desglose de la composición de la señal enviada, y cuyas zonas corresponden:

A1) Sincronismo (7 impulsos de una señal cuadrada a 1040 Hz) del canal visible (9,37 ms).

A2) Marca de principio, normalmente en negro (11,3 ms).

A3) Imagen, video correspondiente a la imagen observada al espectro visible (218,5 ms).

A4) Datos telemétricos (10,82 ms).

B1) Sincronismo del canal correspondiente al infrarrojo. Siete ciclos de 832 Hz de onda cuadrada (9,37 ms).

B2) Marca de principio, normalmente en blanco (11,3 ms).

B3) Imagen obtenida por infrarrojos (218,5 ms).

B4) Datos telemétricos (10,82 ms).

Estos satélites están dotados de tres transmisores en la banda de microondas «S» de unos 5,25 W de salida y en la banda de VHF, 136-137 MHz, de otro transmisor que entrega unos cinco vatios y transmite las imágenes comentadas. La antena es una circular de cuatro elementos. Esta serie está prevista para una órbita sincronizada con el Sol y a una altitud de 833 y 870 km. Se considera que el paso por la zona de captación de la antena receptora debe durar unos 15 minutos aproximadamente, lo que permite recibir bien una imagen.

### 10.4.6 Satélites en órbita polar

El programa TIROS-N (americano) comprende dos satélites actualmente en órbita: el NOAA-6 trabaja normalmente en 137,5 MHz, y el primitivo prototipo del Tiros-N que ha sido substituido por el NOAA-7 que emite en 137,620 MHz.

En cuanto al programa soviético, al no existir información se hace más difícil conseguir buena recepción por falta de coincidencia en las horas; por ello en estos casos es interesante el trasvase de información entre los aficionados a estas modalidades para aprovechar las experiencias de otros colegas, pero debemos indicar que se reciben imágenes en 137,17, en 137,3 y en 137,4 MHz con una frecuencia de exploración de cuatro y dos líneas por segundo.

Sistema de comunicaciones del Tiros:

| | |
|---|---|
| Mando | a 148,560 MHz |
| Baliza | a 137,770 opp. 136.760 MHz. |
| Video (APT) | a 137,500 opp. 137.620 MHz. |
| Video (HRPT) | a 1698 MHz opp. 1707 MHz. |
| Datos | a 1698, 1702,5 opp. 1707 MHz. |
| Datos rec. | a 401,650 MHz. |

### 10.4.7 Método para recibir señales procedentes de satélites meteorológicos

Es similar al de una buena estación receptora de dos metros, con algunas variantes, naturalmente. Podemos comentar que un sistema muy simple y económico en VHF para disponer de buenas grabaciones en cassette de señales APT de los satélites es utilizar antenas de relativa ganancia y un buen previo o conversor sensible a la frecuencia mencionado de 136-137 MHz, y recibir dichas señales en lugares despejados y altos, lejos del QRM ciudadano. Conseguiremos resultados mucho mejores que en el interior de la ciudad. Por otra parte, es interesante disponer de una antena con polarización circular derecha y sistema de rotor en las direcciones vertical y horizontal para un correcto seguimiento del satélite en caso de que sea de circulación

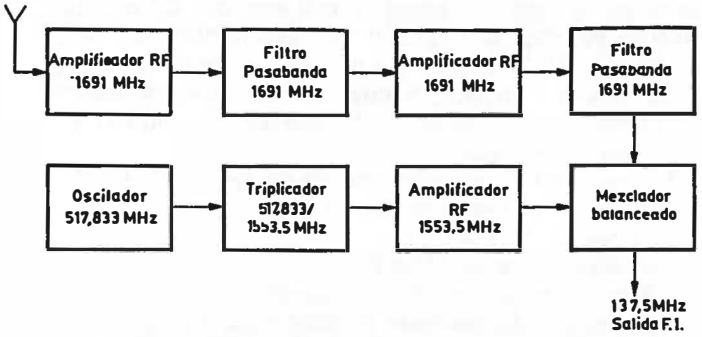



Figura 10.30 Diagrama de bloques del sistema empleado para la conversión en 137,5 MHz de los 1691 MHz (WEFAX).

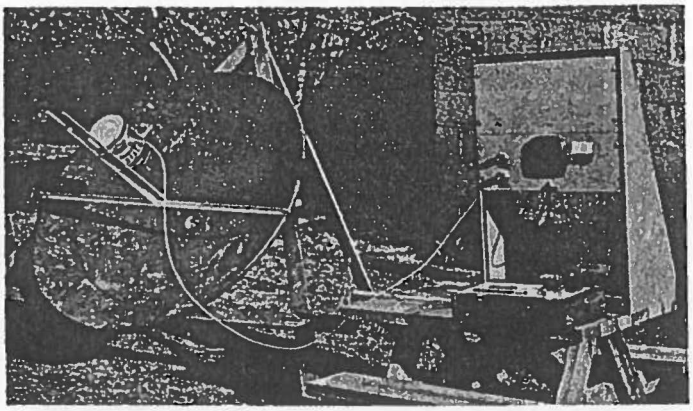


Figura 10.31 Instalación muy casera, pero efectiva, para recibir las señales del GOES-Este y el GOES Oeste, geoestacionarios.

orbital. Las señales emitidas en frecuencia próxima a los 1700 MHz pueden recibirse con una parábola de menos de un metro de diámetro, y reorientándola al satélite constantemente, excepto si se trata de satélites geoestacionarios que, como hemos comentado, deben recibirse con antena parabólica orientada en una única dirección, ya que el satélite se mantiene estacionario respecto a nosotros. Aparte de la antena es preciso disponer de un amplificador de los 1691 - 1700 MHz de bajo ruido. En algunos mercados de desguace (surplus) se hallan disponibles sistemas de antenas, amplificadores y conversores para su uso en frecuencias cercanas a las de los satélites.

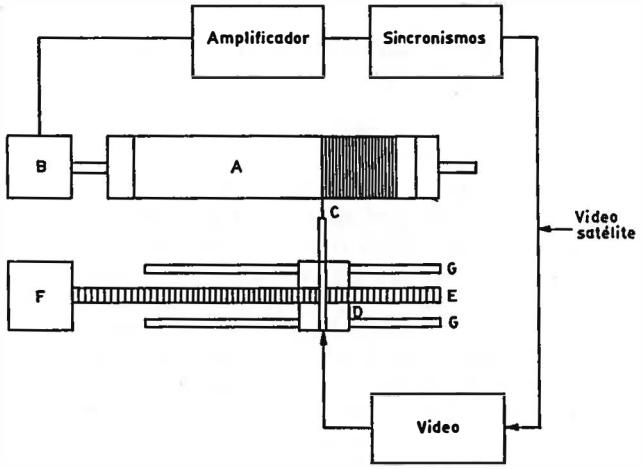



Figura 10.32 Utilizar el kit para facísmil, es un camino para obtener buenas impresiones de las fotografías enviadas por los satélites.

## 10.5 RADIOTELETIPO

El servicio de radioteletipo se basa en la transmisión directa de caracteres de escritura, y en el uso de máquinas de teletipo o télex como traductores de la información transmitida por radio. De esta manera podemos transmitir directamente a otros corresponsales información escrita a una cierta velocidad, quedando impresa tal información bien sobre papel o en la pantalla del correspondiente monitor.

Inicialmente, la transmisión con máquinas teletipo de «surplus», se efectuaba tecleando los mensajes que emitíamos, y a la vez los mensajes recibidos quedaban escritos en una cinta de papel (posteriormente se adoptó el papel continuo).

Básicamente un equipo de RTTY (abreviación de radioteletipo) está formado por: la propia estación de radioaficionado trabajando en bandas decamétricas o en frecuencias superiores; el correspondiente codificador y el decodificador que transforma las señales audio en digitales y viceversa, y la máquina de teletipo propiamente dicha o equipo electrónico capaz de sustituir a la máquina mencionada.

Figura 10.33 Teleimpresor mecánico.

### 10.5.1 RTTY: posibilidades

En cuanto a las distancias a que es posible contactar por medio de teletipo, puede decirse que son prácticamente las mismas que las alcanzables con las frecuencias utilizadas en SSB o CW, con la limitación de que sean compatibles en código y velocidad. Pueden variar las condiciones de DX posible según el sistema decodificador empleado y el ruido e interferencias existentes en la frecuencia utilizada; esto aparte de la antena, emisor, receptor y potencia de emisión empleada.

Por contra, el reducido ancho de banda utilizado, teóricamente un poco más de los 170 Hz empleados en la emisión de las dos frecuencias utilizadas en bandas decamétricas, permite el funcionamiento de una gran cantidad de estaciones en un espectro reducido dentro nuestras bandas.

Con el empleo de señales de audio como medio de enlace entre el transceptor y el teletipo, es posible grabar mensajes en cassette, y utilizarlos en el momento oportuno. Pero lo más sobresaliente del RTTY es la comodidad de disponer de un recordatorio en papel, de los contactos efectuados, amén de

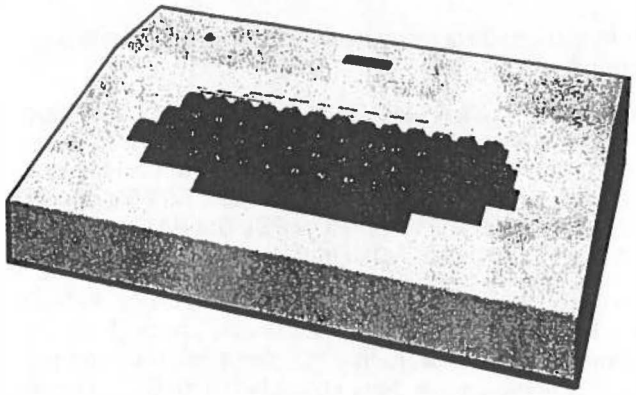


Figura 10.34 Teclado electrónico.

curiosas y originales QSL remitidas vía radio por este medio.

Ultimamente, la aparición en el mercado electrónico de los microprocesadores y memorias a un reducido coste ha permitido a la industria ofrecer al mercado del radioaficionado verdaderos e ingeniosos terminales aptos para RTTY, e incluso para emitir cartas de SSTV y transmitir y recibir CW sin conocer el alfabeto morse.

### 10.5.2 Frecuencias utilizadas en RTTY

Donde encontraremos corresponsales para enlaces en RTTY es habitualmente en:

80 m: entre 3,580 a 3,600 kHz
40 m: entre 7,085 a 7,095 kHz
20 m: entre 14,085 y 14,100 kHz
15 m: alrededor de los 21,090 kHz
10 m: alrededor de los 28,090 kHz
2 m: alrededor de los 144,6 kHz (FSK)
2 m: alrededor de los 145,3 kHz (AFSK)
7 cm: alrededor de los 432,6 kHz (FSK)
7 cm: alrededor de los 433,3 kHz (AFSK).

Las condiciones de apertura de banda y posibles DX siguen la misma tónica que rige para cada banda en CW o SSB.

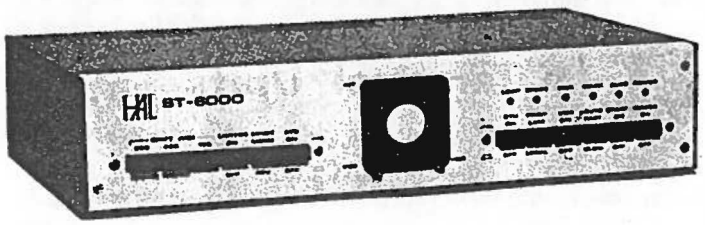



Figura 10.35 Demodulador con indicación de sintonía por osciloscopio incorporado.

### 10.5.3 Teoría del RTTY

Digamos como idea inicial que el teletipo se basa en el envío de señales parecidas a las del código morse, pero utilizando códigos perfectamente delimitados. A diferencia de la onda continua o CW, el teletipo se basa en que cada señal correspondiente a una letra o número está compuesta por un número idéntico de impulsos de la misma duración, excepto en algunos casos como los impulsos de parada o stop del código Baudot.

Como hemos comentado, estos códigos estarán formados por un conjunto de señales que en el caso del RTTY es de

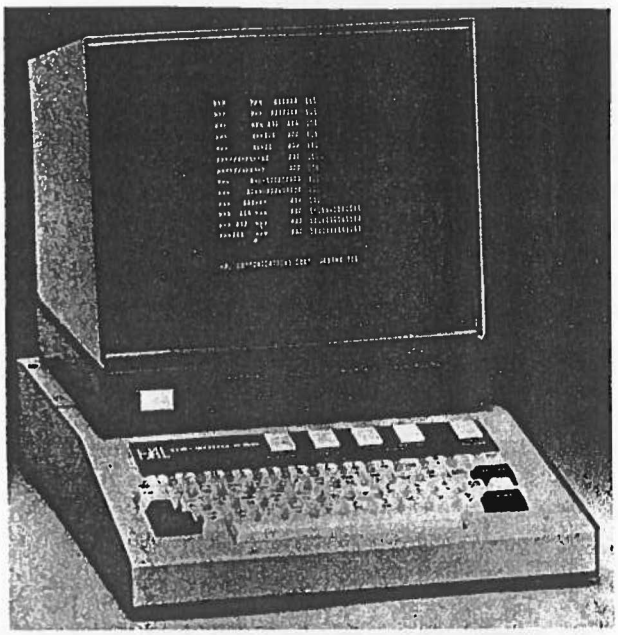


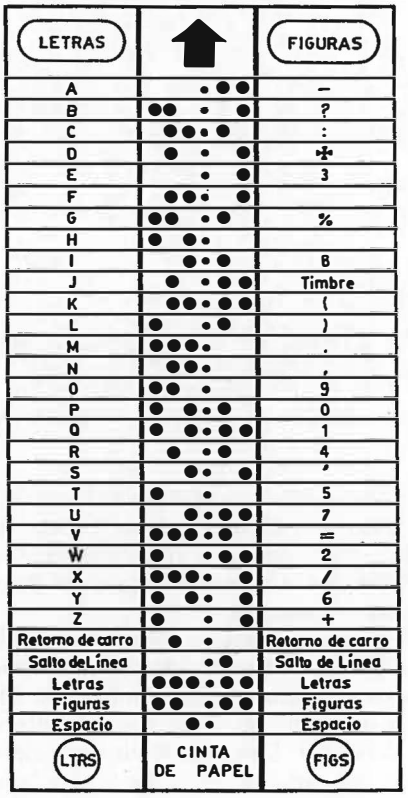
Figura 10.36 Terminal de RTTY, controlado por microprocesador (8080).

cinco impulsos, precedidos de un impulso llamado principio (start) y finalizados con el paro (stop), generalmente más duradero que los anteriores. El tiempo de duración de estos impulsos es función de la velocidad típica de transmisión a que se ha ajustado el teletipo.

En el caso que terminamos de exponer es utilizando el código Baudot, el más utilizado actualmente. Existen otros códigos utilizados en el campo de los micro, miniordenadores y terminales entre los que destacan el sistema ASCII, abreviatura de American Standard Code Information Interchange, y otros que no vamos a detallar porque tienen aplicaciones específicas en la informática. Ultimamente parece que se ha autorizado en algunos países el uso del ASCII en RTTY. Este consta de una codificación con siete u ocho impulsos de información por carácter, permitiendo unas mayores posibilidades de asignación de caracteres. En el caso del sistema Baudot de cinco impulsos sólo podemos obtener ($2^5 = 32$) o sea 32 caracteres, que son insuficientes para las letras y puntuaciones, por lo que se recurrió, al igual que en las máquinas de escribir, al truco de utilizar el carro alto (mayúsculas) y el bajo (minúsculas). De esta manera, con el envío de un código que nos indica el carro a utilizar, podemos casi duplicar las posibilidades del restringido código Baudot. Así se explica el que se utilicen teclas de letras y signos y por qué a veces recibimos cifras en vez de un CQ, o viceversa.

### 10.5.4 Operación en RTTY

Naturalmente la recepción de algunos QSO en esta modalidad nos habituará rápidamente a las costumbres de este medio, pero también depende de nuestro teletipo o terminal a microprocesador que nos permitirá un tipo de transmisión más ágil y rápida que otra. Usando un teletipo de «surplus» la velocidad de transmisión de textos dependerá en gran medida de nuestra aptitud de mecanógrafos; en cambio el uso de memorias y el microprocesador permite preparar el mensaje de respuesta mientras aún recibimos a nuestro corresponsal, así como insertar textos memorizados de antemano en nuestra transmisión (condiciones de trabajo, llamada, despedida, QSL, etc.). Otro problema



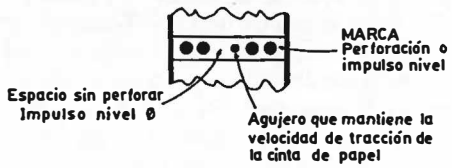




Figura 10.37 Señal de RTTY y código Baudot.

puede ser el conocimiento del idioma del corresponsal; generalmente un gran porcentaje de QSO se efectúan en inglés, en español y en Europa una fuerte participación del alemán, francés e italiano. Naturalmente, con pocos conocimientos de los mismos, una «chuleta» o mejor aún una memorización de mensajes tipo en las mencionadas lenguas pueden permitirnos establecer algunos contactos memorables.

A continuación veamos el texto de un contacto (QSO) realizado en RTTY entre 5N0DOG de Nigeria, que es quien llama y EA3AWD que le responde.

Llamada desde Lagos (Nigeria):

«CQ CQ CQ DX DE 5N0DOG 5N0DOG 5N0DOG 5N0DOG
CQ DX DE 5N0DOG PSE PSE K K K K K K»

Respuesta desde Terrassa (España):

«5N0DOG 5N0DOG 5N0DOG de EA3AWD EA3AWD EA3AWD PSE K K K K K»

Siendo escuchada la respuesta en Nigeria, este corresponsal responde en inglés:

«EA3AWD EA3AWD EA3AWD DE 5N0DOG 5N0DOG 5N0DOG RR FB TNX FER YOUR CALL=MY QTH IS LAGOS LAGOS LAGOS NIGERIA AND MY NAME IS DAVEE DAVEE DAVEE=YOUR RST RST 599 599 599= PSE QSL VIA WA4FRU WA4FRU=PSE SO BACK TO YOU EA3AWD DE 5N0DOG 5N0DOG K K K K K K K»

Podemos apreciar que le da las gracias por haberle llamado, le dice que su QTH es la ciudad de Lagos (Nigeria), y su nombre es «Davee», recibe al colega español con una señal 599, y le indica que debe enviar la tarjeta QSL a través del colega WA4FRU. La «RR» indica recibido, el «TNX» gracias, el «FB» muy bien, son abreviaturas empleadas en telegrafía.

A continuación el colega de España le enviará un mensaje parecido al anterior con su nombre, dirección y control:

«5N0DOG 5N0DOG 5N0DOG de EA3AWD EA3AWD EA3AWD RR FB VERY GOOD NIGHT DR DAVEE=TNX FER QSO MY QTH QTH IS TERRASSA TERRASSA TERRASSA NEAR BARCELONA BARCELONA AND MY NAME IS ALFREDO ALFREDO ALFREDO=I COPY 100×100=YOUR TRANSMISSION IS VERY FINE RST RST 599 599 599=MY QSL QSL VIA BUREAU=TNX FOR QSO MY BEST 73 73 73=5 N0DOG DE EA3AWD SK SK SK SK».

Y con el cambio nuevamente a Nigeria se dará por finalizado este QSO real, que tuvo lugar el 12 de febrero de 1981. El utilizar «SK» en vez de «K» (cambio) es la abreviatura de cambio y fin.

«EA3AWD EA3AWD DE 5N0DOG RR FB DEAR ALFREDO IN TERRASSA=THANKS FOR NICE QSO=73 73 73 FOR YOU AND FAMILY=MANY DX AND VERY GOOD LUCK DR ALFREDO EA3AWD EA3AWD DE 5N0DOG 5N0DOG SK SK SK SK SK».

Y así termina este corto QSO que, por tratarse de un interesante DX, no suelen ser muy extensos. En algunos casos sí lo son y se entablan diálogos similares a los que efectuaríamos en fonía. Naturalmente, si el QSO fuese entre estaciones de habla hispana, se podrían utilizar las abreviaturas internacionales de telegrafía y del código «Q», al igual que se han utilizado en este QSO en inglés. En algunos casos, al principio de transmisión se inserta una línea con las señales de «RYRYRY...», a fin de que el corresponsal pueda ajustar correctamente la recepción de la señal emitida.

### 10.5.5 Medios

Ya hemos comentado que para el trabajo en RTTY, aparte del transceptor o sistema emisor-receptor, se precisa una máquina de teletipo o su equivalente electrónico. En cuanto a los teletipos mecánicos debemos distinguir entre los que imprimen sobre cinta de papel engomado en su parte posterior (para pegar sobre los soportes de telegramas por ejemplo) y los más conocidos que escriben sobre papel continuo de una anchura similar al folio. Son conocidos los fabricados por Hispano Olivetti, Lorens, Siemens, Teletype, siendo esta última marca la que dió nombre genérico a la familia de máquinas para estos usos.

Pueden conseguirse teletipos mecánicos a buenos precios en el «surplus», e incluso se dispone en el mercado de equipos obsoletos a precios muy interesantes. Al adquirir un

teletipo interesa conseguir el máximo de información técnica del mismo, así como conocer las posibilidades de adquirir el juego de ruedas dentadas para variar y ajustar la velocidad de trabajo a la usual entre radioaficionados.

Existen equipos con perforador y lector de cinta perforada, o bien se pueden comprar como unidad independiente. Para su aplicación se preparan los mensajes perforando la cinta con el mensaje deseado, y después se introduce en el momento deseado la cinta en la lectora y se transmite el mensaje sin pausas ni intervalos de manera similar a como lo haríamos con la señal de audio grabada en el cassette.

Con referencia a los equipos de época podemos citar los modelos página tales como el 15, el 26, el 28 y el 32, todos ellos fáciles de hallar en el desguace del mercado americano; en nuestro país es más fácil encontrar varios modelos de Olivetti, Lorens, Siemens, y otras marcas del desguace industrial e incluso militar. Lo aconsejable para quien consiga una de estas máquinas es intentar por todos los medios disponer de los correspondientes manuales de mantenimiento, o al menos asesorarse por alguna persona experta, en el momento de la compra y en los casos de averías, muy frecuentes en estos equipos con muchos años de trabajo.

Hay una gran variedad de modelos y tamaños, y algunas máquinas incorporan una pequeña memoria mecánica que permite memorizar el CQ con el propio indicativo; otras tienen el perforador y el lector de cinta continua de papel, otras disponen de enclavamiento en el teclado para la impresión de letras y de cifras, evitando muchos errores; otras tienen un teclado con sólo tres filas de teclas, por lo que las cifras están en la misma tecla que las letras; otras con cuatro filas separan las letras de las cifras y, finalmente, otras más modernas incorporan un sistema automático de salto de carro al pulsar letras después de cifras o viceversa.

En cuestión de equipos típicamente electrónicos podemos citar los producidos por varias marcas comerciales, la mayoría de ellos basados en el microprocesador, aunque pueden construirse unidades de bajo costo con circuitería TTL convencional. A estos sistemas se les conecta una impresora de las usadas en informática o un teletipo en el caso de desear copias sobre papel de la información recibida y emitida.

Las ventajas del sistema electrónico son generalmente la fiabilidad y el silencio, sin la complejidad mecánica, el ruido de los clásicos teletipos y las limitaciones en memoria y velocidad.

Otro de los elementos básicos para el RTTY es el sistema decodificador de las señales audio recibidas de una emisión de RTTY que serán convertidas en señales digitales, o sea en niveles teóricamente absolutos de 1 y 0 o, dicho de otra forma, de niveles altos y bajos. El codificador intercalado entre el teletipo y el emisor nos permitirá transmitir las dos frecuencias deseadas.

### 10.5.6 FSK o manipulación por salto de frecuencia

En los sistemas que manipulan directamente el oscilador del transmisor podemos actuar con la señal digital, o sea aplicando directamente los impulsos a un dispositivo que hace variar la frecuencia del oscilador del transmisor y, por tanto, la frecuencia de emisión. Un método simple consiste en conectar, en paralelo con el circuito sintonizado del oscilador, una capacidad que altera la frecuencia siguiendo los impulsos de la señal del teletipo. Puede ser difícil conseguir un salto (shift) exacto en las diferentes bandas o segmentos de banda, pero como el trabajo dentro de una banda se efectúa en una pequeña zona de la misma, será fácil hallar una solución de compromiso. De todas maneras este sistema no es muy usado actualmente, pero algunos transceptores llevan incorporada una conexión directa de manipulación en RTTY que permite trabajar con señales digitales. Ejemplo de ello son los Icom que llevan incorporado un terminal para entrada de RTTY, el cual puede ser conmutado directamente a masa por un separador óptico o un relé. De esta manera estamos trabajando en FSK, y un símil de FSK es el que se consigue modulando un equipo de SSB con un modulador AFSK.

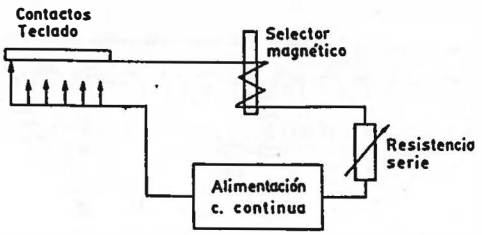



Figura 10.38 Principio del «loop» o circuito de corriente.

### 10.5.7 Circuito cerrado de corriente (loop)

El bucle o «loop» de corriente es un circuito cerrado en el cual pueden intercalarse varios equipos, tales como teletipo, modulador AFSK, demodulador o TU, lectoras de cinta perforada, etc. El uso del «loop» se basa en que el paso de una corriente corresponde a una situación de marca, y los impulsos que interrumpen el paso de esta corriente corresponden al espacio (figura 10.38). Por ello cualquier elemento del circuito serie que interrumpa la corriente transmite a todos los aparatos conectados en serie esta ausencia de corriente en forma de impulsos, y por ello transmite la información a todo el circuito (loop).

Existen máquinas que requieren una corriente de unos 60 mA, pero la mayoría de las actuales trabajan con una corriente nominal de 20 mA. Esta corriente se toma de una fuente de alimentación que suele ser de un centenar de voltios aproximadamente y está limitada por una resistencia.

En algunos casos de utilización de microprocesadores ya no se utiliza «loop» de corriente, y las señales se distribuyen en serie a nivel de tensión TTL (unos 5 V) o en el RS232 entre 10 y 30 V. Por ejemplo, los compactos basados en microprocesador generalmente contienen todo el circuito, y sólo se utiliza una conexión externa de señal digital en el caso de utilizar impresora. La información la da el fabricante.

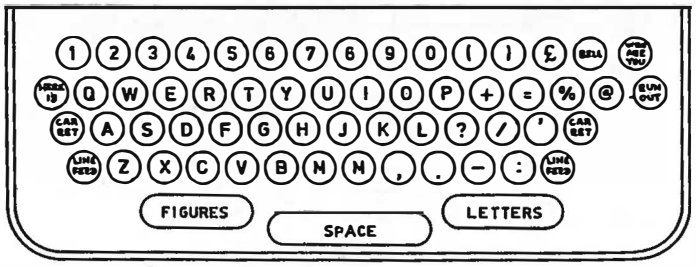
La idea del «loop» partió de la necesidad que hubo de utilizar las antiguas líneas telefónicas para la transmisión de caracteres por el télex.

Debido a la inductancia de la propia línea, de los relés y de los otros componentes del sistema TTY, se produce una distorsión. A fin de que la misma no deteriore la detección de la señal, en el sistema decodificador mecánico se emplea un tiempo mucho más corto que el que realmente dispondríamos en cada impulso; de esta manera desechan los extremos del impulso.

Inicialmente los «loops» se alimentaban a baterías, pero actualmente se construyen con una fuente de alimentación conectable a la red, lo que permite evitar el engorroso mantenimiento de las baterías.

### 10.5.8 Evolución histórica del RTTY

La primera comunicación eléctrica de señales codificadas




Teclado de máquina de Telex, con cuatro filas

| Velocidad | Baudios | Unidades por segundo | Velocidad PPM aprox. | Impulso de arranque ms | Impulso de señal ms | Impulso de parada ms |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 PPM USA | 45·45 | 7·42 | 61·33 | 22 | 22 | 31 |
| Standart Europa CCIT | 50·00 | 7·50 | 66·67 | 20 | 20 | 20 |
| 75 PPM USA | 56·88 | 7·42 | 76·67 | 17·57 | 17·57 | 25 |
| 100 PPM USA | 74·20 | 7·42 | 100·00 | 13·47 | 13·47 | 19·18 |
| 75 baudios Europa CCIT | 75·00 | 7·50 | 100·00 | 13·33 | 13·33 | 20 |

Características de diversos sistemas de Telex

Figura 10.39 Teclado de teleimpresora mecánica de 4 filas, y características principales de los diversos sistemas de télex.

fue la de Samuel Morse. Con el tiempo se vio que no era fácil disponer de buenos telegrafistas. Así empezó a funcionar la primera máquina parecida al teletipo en el año 1915 en la Associated Press. En 1925 se perfecciona este invento y se funda el primer fabricante de «teletipos»: Teletype Corporation. Y es en la Segunda Guerra Mundial cuando son empleados en gran escala utilizando las líneas telegráficas existentes.

La cronología del radioteletipo en el campo de la radioafición durante los años comprendidos entre el 1960 y el 1980 es la que sigue:

1960 Utilización extensiva de relés electromecánicos
Demoduladores a válvula
1961 Utilización del decodificador a transistor para VHF
Empleo del transistor en el modulador AFSK.
1962 Introducción del FSK sin relés
1963 Uso de los filtros pasabanda para la RTTY.
1964 FSK controlado a cristal
Transistorización exhaustiva de los demoduladores
1965 Aplicación del transistor uniunión en los osciladores del AFSK.
Utilización del FSK en los transmisores de SSB.
1966 Circuitos de FSK a diodos
Filtros para RTTY de altas cualidades.
1967 Arranque automático de la máquina.
Aparición de nuevos moduladores y demoduladores de estado sólido.
1968 Primer Selcal RTTY
Circuitos integrados
1969 Modulador (AFSK) a circuitos integrados y controlado a cristal
Demoduladores a circuitos integrados.
1970 Aparición de demoduladores comerciales ST-3,4 y ST-5
Diseño moderno de un demodulador para VHF.
1971 Presentación del «TU»: ST-6
Generador de mensajes digital.
Convertidores de velocidad
Modulador (AFSK) digital
1972 Introducción de la técnica del PLL en el demodulador.
Sintetizador de audio digital.
1973 Aparición en el mercado del video Hal
Teclados digitales
Convertidores de Morse a RTTY.
Arranque automático de máquinas, sistema digital
1974 Uso de las memorias PROM para mensaje de identificación, obligatorio en USA.
Generadores de mensajes a PROM.
Uso de las UART (CI convertidores de serie a paralelo y viceversa)
1975 La casa Mits introduce el $\mu$P Altair aplicable a RTTY.
Generadores de mensajes con memoria RAM.
Teclado de estado sólido.
Control de la estación de RTTY por microprocesador.
1976 Publicación del demodulador DT-60 versión digital del ST-6
Hal presenta al mercado su unidad a microprocesador.
1977 Uso generalizado del microprocesador en RTTY
Terminales inteligentes
Repetidores controlados por $\mu$P.
Uso extensivo del $\mu$P en el control de la estación de RTTY.
Empleo del $\mu$P en digitalizar señales analógicas.
1978 Uso universal del cassette en RTTY.
Receptores y transmisores controlados por $\mu$P.
1979 Incorporación de los disquettes flexibles en estaciones de RTTY.
1980 Generalización de sistemas de RTTY y Morse controlados por $\mu$P.
(Varias marcas comerciales)

### 10.5.9 Glosario de términos usados en RTTY

*Alfanuméricos* — Caracteres que pueden determinar letras del abecedario o números.

*ASCII* — Código Standard Americano para intercambio de información. Código de ocho impulsos, incluido el de paridad.

*ASR* — Conjunto de elementos que permite transmitir la información por teclado o por cinta perforada, a la vez que recibir información.

*Baud* — Bits por segundo, o la inversa del tiempo de un impulso.

*Baudot* — Código empleado generalmente en los télex, y formado por la combinación de un tren de cinco impulsos precedidos por uno de comienzo y otro de final

*BCD* — Sistema binario, numeración de base 2.

*Distorsión en RTTY* — Desplazamiento de las señales debidas a inercias entre el espacio y la marca.

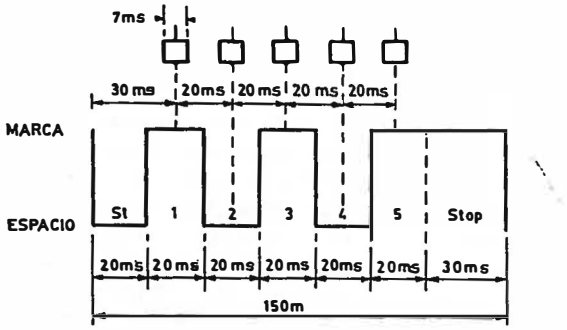



Figura 10.40 Observar que el tiempo de lectura real de las señales de TTY, es inferior a la duración del propio impulso; ello evita errores debidos a la distorsión.

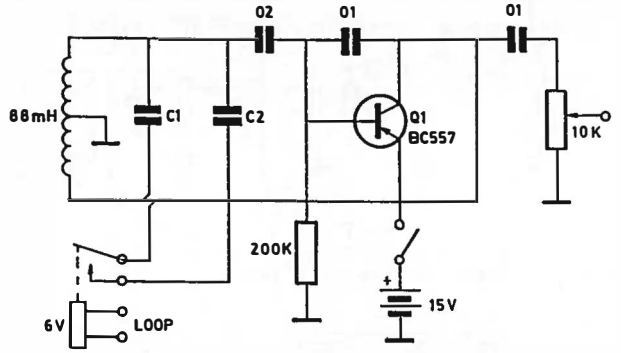



Figura 10.41 Modulador AFSK de concepción muy simple. C1 para 2295 Hz debe ser de unos 62,8 nF y C2 a 2125 Hz de 15,6 nF.

*Bit* — Un único carácter en el sistema binario.
*Byte* — Un grupo de bits que forman un carácter. En ASCII es igual a 8 bits.
*CDC* — Señal selectiva formada generalmente por dos caracteres y que prepara a la máquina receptora para trabajar.
*Mensaje Fox* — Mensaje en inglés que incluye todos los alfanuméricos del código Baudot: sirve para probar las máquinas. El texto es: THE QUICK BROWN FOR JUMPED OVER A LAZY DOG'S BACK 1234567890
*FSK* — Del inglés Frecuency Shift Keying, manipulación por cambio de frecuencia.
*KSR* — Igual al ASR, pero sin la posibilidad de utilizar cinta perforada.
*Loop* — Circuito cerrado de comunicación del TTY.
*RO* — Receptor solamente de teletipo.
*ROTR* — Receptor capaz solamente de perforar cinta.
*RT* — Transmisor que sólo emplea cintas perforadas con anterioridad, lo que permite aumentar la velocidad en la transmisión.
*RTTY* — Radioteletipo. Método del télex que utiliza la radio como medio de enlace.
*M28 (ROTR)* — Receptor que sólo permite la perforación de la cinta. Los caracteres recibidos no se imprimen directamente.
*M28 (ASR)* — Teletipo con impresión de página, teclado, perforador y lector de cinta.
*M28 (TD)* — Lector de cinta perforada
*M28 (RT).* — Igual que la ROTR con almacenamiento de cinta.

### 10.5.10 Circuitos moduladores

Según lo expuesto anteriormente, la función de los moduladores es convertir señales digitales en señales de audio para ser transmitidas por el transmisor de Banda Lateral Unica, introduciendo la señal a través de la entrada de micrófono; éste es el sistema AFSK, del inglés «audio frecuency shift keying» o sea manipulación por cambio o salto de audiofrecuencia.

Lo habitual es que se generen dos audiofrecuencias para cada tipo de impulso, siendo de unos 2125 (1275) ciclos o hercios (Hz) en los de marca, y de 2295 (1445) hercios en los de espacio si el salto es de 170 Hz. En el caso de saltos de 850 Hz se utiliza la propia de 2125 Hz y 2975 Hz respectivamente. Estas frecuencias son las normalizadas en Estados Unidos y en Europa se acordó utilizar los 1275/1445 Hz o 1275/2125 Hz, aunque el uso de una norma u otra no produce problemas de comunicación, siendo más importante el salto o shift de frecuencia (fig. 10.37).

Uno de los medios más simples de conseguir los dos tonos mencionados es el circuito de la figura 10.41 que es fácil de montar y sólo requiere ajustarlo a las dos frecuencias de trabajo por tanteo de diferentes valores de capacidad en C1 y C2, ajustándose a la frecuencia exacta con la conexión en paralelo de valores pequeños de capacidad hasta que se lea en el frecuencímetro la frecuencia exacta.

Naturalmente, con un poco más de paciencia podemos añadir una rama capacitiva que, con el correspondiente conmutador, permita pasar de los 2950 Hz a los 2295 y

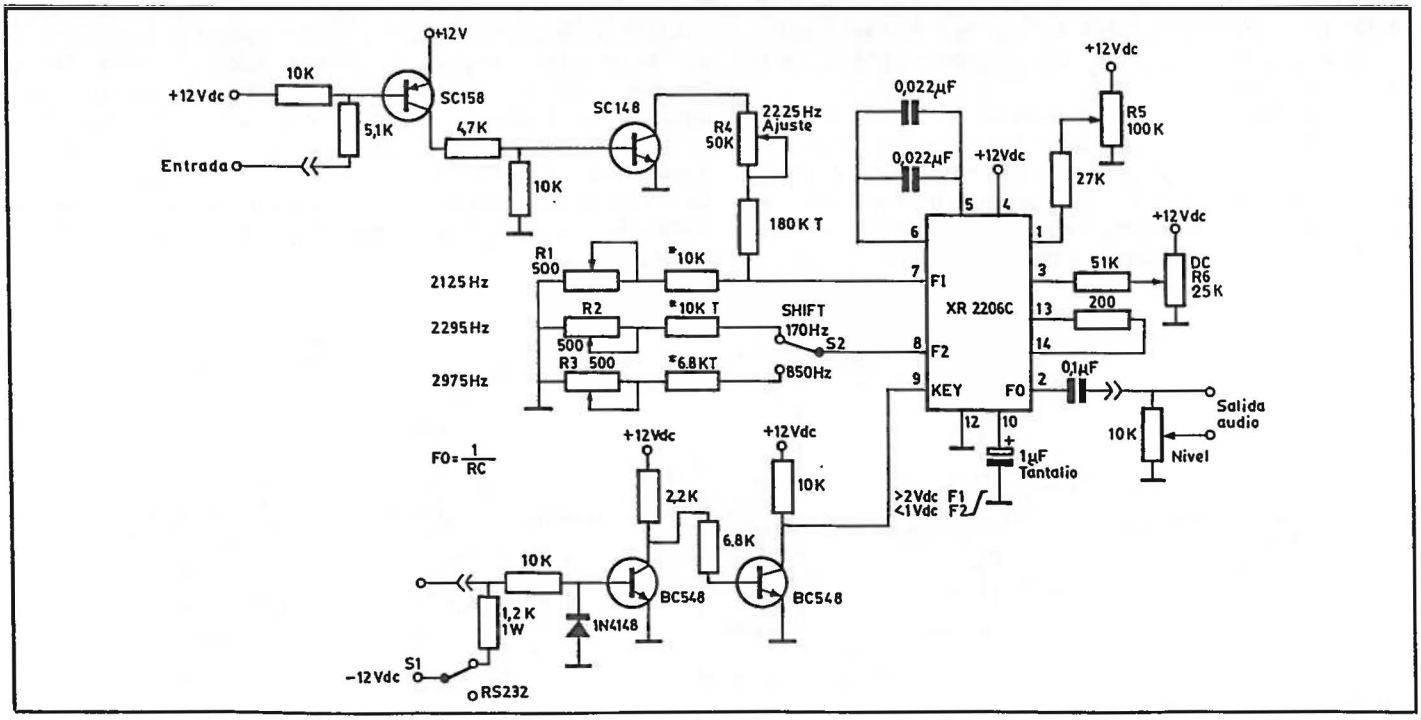



Figura 10.42 Modulador de AFSK.

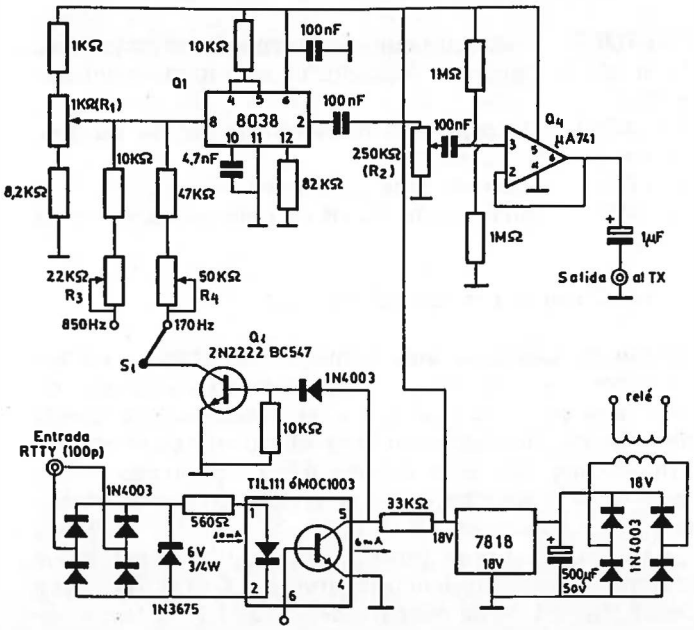



Figura 10.43 Modulador de AFSK, equipado con el 8038 de Intersil.

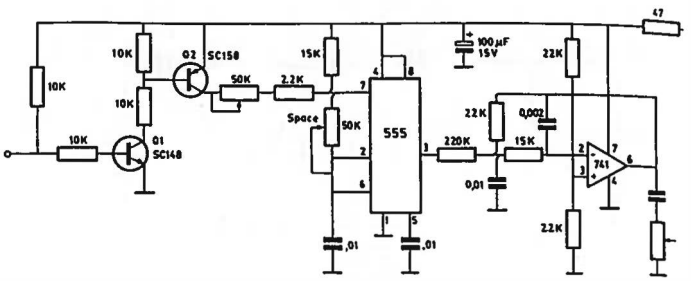



Figura 10.44 Modulador con el famoso CI 555.

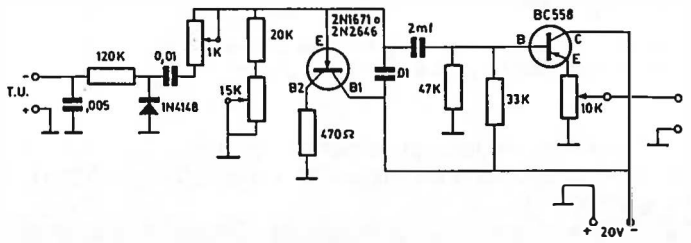



Figura 10.45 Modulador de AFSK, con transistor uniunión.

disponer de ambos saltos ya programados y ajustados. De la misma manera y a falta del toroide («surplus» de teléfonos USA) se puede uno montar un oscilador de audio con el empleo de la inductancia de un transformador de excitación de etapas transistorizadas, y el consiguiente tiempo de tanteo de valores de capacidad. Naturalmente, si se conociese la inductancia sería más fácil recurrir al cálculo para conocer los valores aproximados que corresponden a dicha inductancia para oscilar en determinada frecuencia.

Actualmente existen en el mercado circuitos integrados que con muy pocos componentes externos nos permiten obtener unas frecuencias de audio casi senoidales, una buena estabilidad y ajuste por simple potenciómetro. Este es el caso del Exar 2026 (figura 10.42) y el Intersil 8038 (figura 10.43), ambos diseñados como generadores de señales audio. De la misma manera, el 555 (figura 10.44) puede ser un buen generador de señales, aunque requiera un circuito filtro para que dé una señal prácticamente senoidal a la salida del circuito.

El circuito equipado con el generador de señales 8038 de la figura 10.43 tiene una salida inferior al del XR-2206. Por ello, aunque en algunos casos no sea necesario por ser lo suficiente sensible la entrada de micrófono del transmisor, es aconsejable aumentar la amplitud de la señal audio generada, lo que se consigue con el amplificador 741.

Obviamente, estos generadores de audio permiten trabajar en el sistema automático de transmisión por «vox» si el transmisor y el transceptor están equipados con ellos. En caso contrario pueden habilitarse diversos sistemas de cambio de recepción a transmisión, pero aquí también es interesante disponer de una conmutación fácil y cómoda.

Otro circuito muy usado al principio de la aplicación de los transistores es el de la figura 10.45, basado en la oscilación de un transistor uniunión. Este circuito puede mejorarse en cuanto a la forma de onda generada con el aditamento de un filtro pasabanda. Inicialmente, estos filtros se montaban con inductancia y capacidades para conseguir una resonancia en la frecuencia de trabajo y así mucha selectividad; ello unido a la alta impedancia de rejilla de las válvulas empleadas permitía disponer de filtros muy selectivos. Actualmente, mediante los filtros activos a base de circuitos integrados y un simple potenciómetro, es posible ajustar con suma facilidad la sintonía de un filtro por agudo que sea. En la figura 10.46 podemos observar uno de estos filtros montado con el circuito integrado cuádruple, LM3900. Este filtro permite filtrar correctamente las señales del receptor y mejorar la forma senoidal de la señal (eliminar armónicos) de un oscilador de audio (AFSK). Los ajustes en las dos etapas deben efectuarse independientemente. Si se desea mayor banda de paso (caso de trabajar con salto de 850 Hz) será necesario ajustar los dos pasos ligeramente desplazados entre sí.

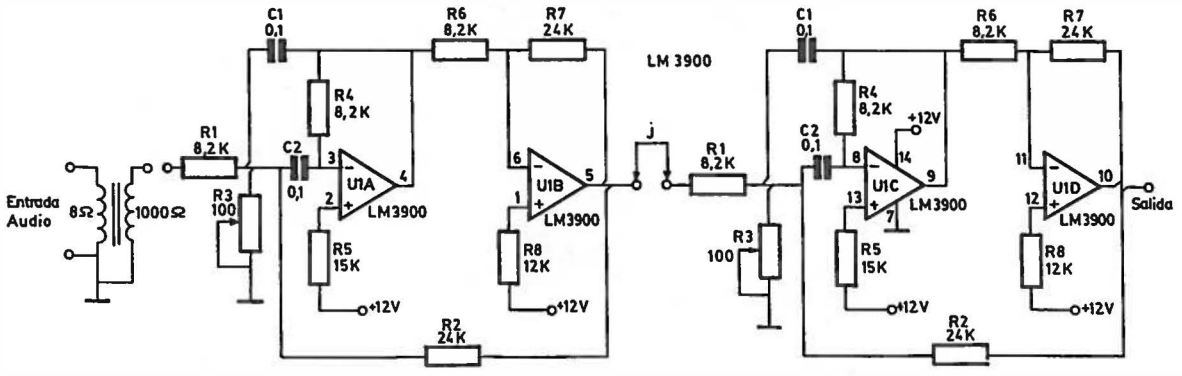



Figura 10.46 Filtro para RTTY con el CI 3900.

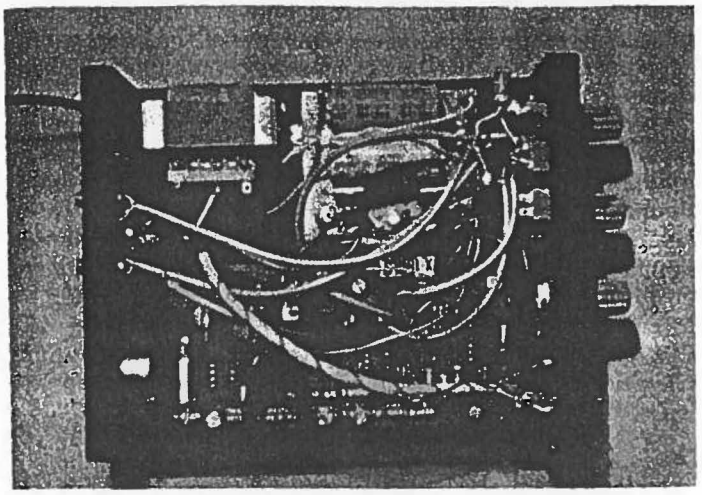


Figura 10.47 Modulador de la figura 10.44 y demodulador de la figura 10.50 en una realización práctica de EA3BDW.

Las señales de audio así generadas son introducidas a la entrada de micrófono del transceptor, produciendo a la salida del emisor una banda lateral única que, por ser producto de una señal senoidal, será prácticamente una portadora con la variación de frecuencia deseada (FSK). Ajustando la ganancia de micrófono regularemos fácilmente la potencia de esta señal emitida.

Es aconsejable transmitir solamente con la mitad de la potencia nominal del transmisor de BLU (SSB), puesto que en RTTY no existen pausas, y se trata de una emisión continua a la potencia ajustada.

### 10.5.11 Demoduladores

La función del demodulador es restaurar la señal digital de RTTY a partir de la de audio recibida por nuestro receptor (AFSK), o sea convertir en impulsos de espacio y marca los correspondientes tonos recibidos. En el argot de aficionados se acostumbra a denominar «TU» al demodulador o «terminal unit», de donde proviene la anterior abreviatura.

Hay demoduladores basados en circuitos sintonizados, empleando inductancias y capacidades que resuenan a las frecuencias correspondientes de audio; su empleo fue muy frecuente conjuntamente con las válvulas, pero actualmente hay excelentes diseños en que se utilizan los transistores de efecto de campo (FET). Con aquellos dispostivos era posible detectar tanto el espacio como la marca, con una gran precisión de decodificación. Generalmente los propios circuitos sintonizados servían para alimentar la señal a un pequeño osciloscopio que permitía saber a la perfección si la señal estaba bien sintonizada. Actualmente, en cuanto se refiere a las técnicas constructivas, se tiende al empleo de los circuitos integrados utilizando en estos casos los filtros activos, cuyo ajuste a una frecuencia se realiza con una simple resistencia ajustable. Otros circuitos se basan en un discriminador colocado detrás de una cadena pasabanda, que da una tensión de salida positiva o negativa, según que la señal de audio detectada sea de mayor o menor frecuencia que la de ajuste del discriminador, lo que a su vez nos determinará el estado uno o cero a la salida del circuito. Y otra aplicación de los circuitos de enganche de fase o PLL es la detección de frecuencias concretas y ajustables asimismo por un simple potenciómetro; en este caso generalmente se detecta una de las dos audiofrecuencias recibidas; esto simplifica mucho el circuito, el cual está dotado de un inversor de señal por lo que no importa mucho que la señal detectada sea la «marca» o el «espacio». En aquellos casos que se pretenda una mayor calidad de decodificación, evitando en lo posible los errores de decodificación debidos a las interferencias, es aconsejable detectar ambas señales, lo que representará duplicar el sistema detector.

Veamos la figura 10.48 donde disponemos de un detector tras un filtro activo, formado por un solo paso del operacional 741, y leamos las tensiones existentes en el instrumento de 50 microamperios entre el diodo detector y masa. Los valores leídos estarán multiplicados por el factor de la resistencia en serie de 15 kΩ. Podremos leer que a los 2295 Hz corresponden 1,5 V; a los 2285 Hz, 1,25 V; a los 2275 Hz ya sólo detectamos 0,75 V (atenuación de 6 dB); a los 2265 Hz leemos 0,40 V y a los 2255 tenemos solamente 0,10 V, lo que equivale a una atenuación de 23 dB; a 2245 Hz ya

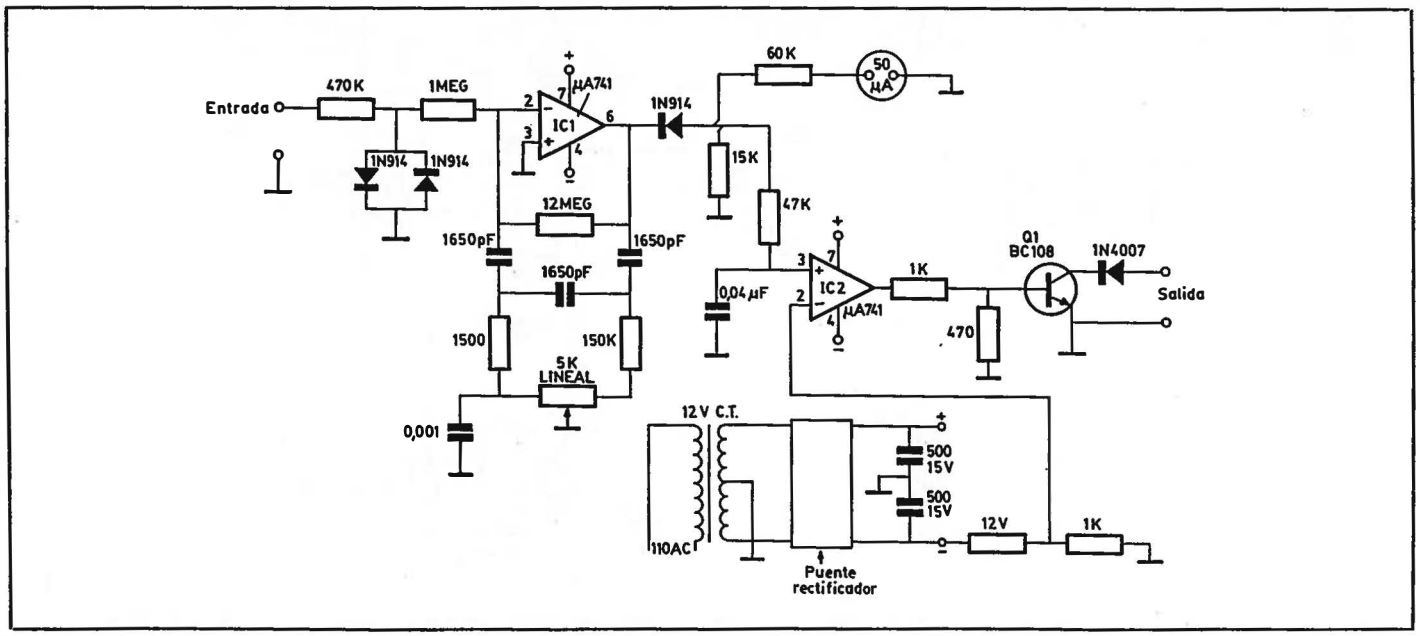



Figura 10.48 Demodulador muy simple con dos operacionales.

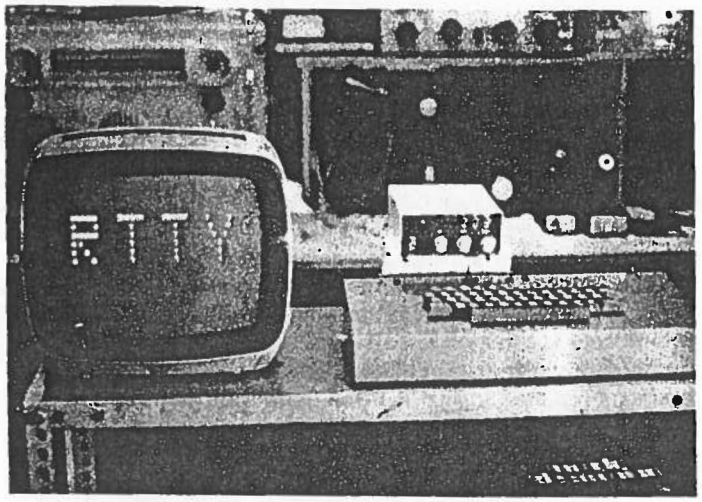



Figura 10.49 Estación de RTTY electrónica, montada por EA3BKZ

nos es imposible leer tensión alguna, por lo que vemos que este circuito, a pesar de su simplicidad, es de suficiente efectividad.

Después de comprobada la variación de la tensión detectada en el diodo, que es función de la frecuencia aplicada, podemos deducir como cualidades de este simple y económico demodulador el que permite recibir señales de RTTY con cualquier cambio o salto de frecuencia (shift).

El decodificador representado en la figura 10.50 está basado en el circuito PLL LM565, y como indicábamos anteriormente sólo detecta una de las dos señales emitidas. Este circuito puede estar precedido del filtro activo que se comentó en el apartado de moduladores y así atenuamos en gran manera las señales indeseables. El ajuste es simple y sólo debe ajustarse el PT1 hasta que se dispare con una débil señal a 2295 Hz o, según las normas de Europa, ajustarlo a 1445 Hz.

Debemos recordar que para los ajustes de los demoduladores, en el caso de no disponer de generador de audio, podemos utilizar el propio modulador de AFSK una vez ajustado a la frecuencia correcta con el frecuencímetro y utilizando la posición correspondiente a «marca», como señal de referencia para los ajustes de los circuitos que sólo detectan una de las señales de RTTY.

Una de las ideas simples y muy atractivas es la de incorporar en la misma placa de circuito impreso los sistemas modulador y demodulador. Así, con lo expuesto hasta ahora, podríamos disponer de nuestro sistema completo, pero creemos que es útil terminar el tema de los demoduladores dando un vistazo a la idea que ha propuesto recientemente en su artículo WB2BWJ en el QST, de utilizar el XR-2206 en el modulador y conjuntamente en la misma placa el XR-2211; éste es un demodulador de AFSK por el sistema PLL, circuito que por su simplicidad de montaje vale la pena de experimentar (figura 10.51).

### 10.5.12 Sintonía de señales de RTTY

Uno de los métodos más simples es el basado en un LED que se enciende al compás de las señales correspondientes a las «marcas» recibidas de una transmisión en RTTY, o bien dos LED que se enciendan uno al recibir marca y el otro el espacio. Otro medio de sintonía puede ser un instrumento de medida con el que en transmisiones normales se consigue una lectura que será el promedio de las dos señales. El más usual es el basado en un tubo de rayos catódicos a cuyas placas deflectoras se aplican las tensiones detectadas correspondientes al espacio y la marca El ajuste de la estación recibida se limitará a conseguir la correspondiente cruz simétrica.

Inicialmente el sistema representado en la figura 10.53 debe ser ajustado correctamente con un generador de AFSK patrón o correctamente ajustado en frecuencia e intensidad de señal.

Otro medio de sintonía poco usado, pero muy interesante, es el basado en el analizador de espectro, con el que, si está correctamente calibrado, podemos determinar las frecuencias de recepción en audio y observar la composición de la señal así como su «shift» o salto.

También resulta útil conectar el osciloscopio a la salida de

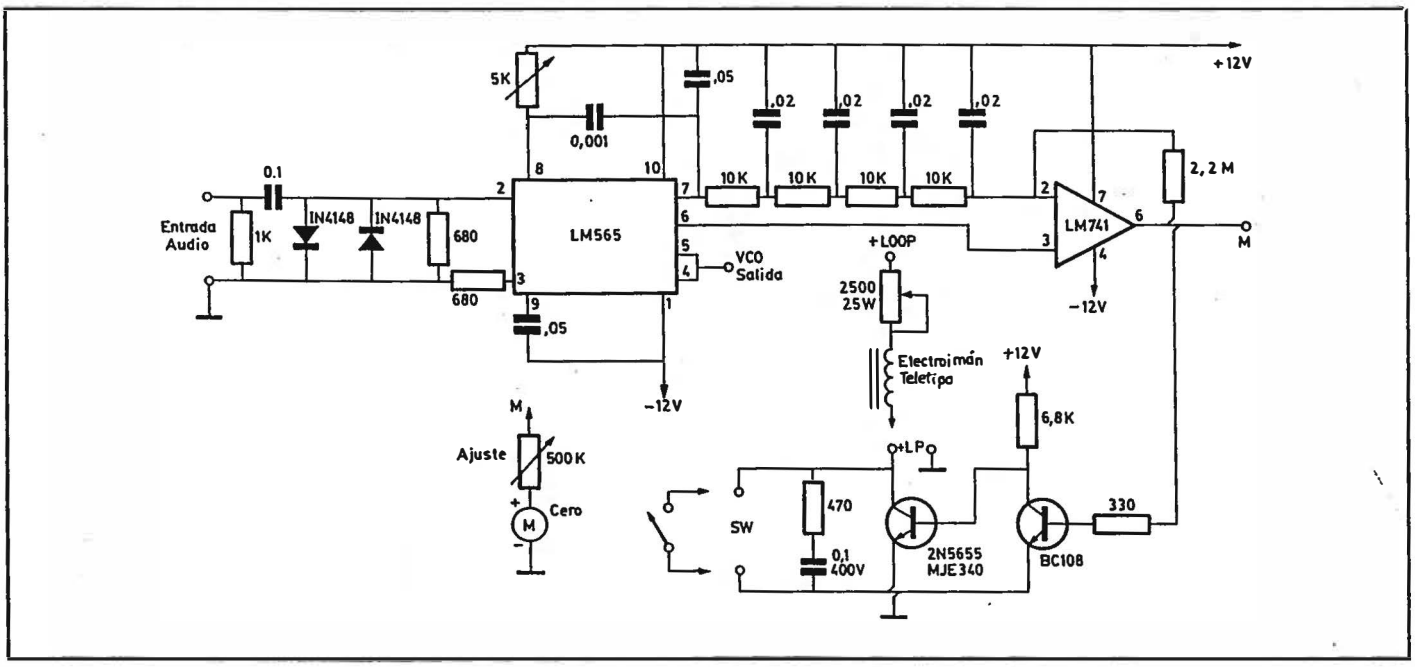



Figura 10.50 Demodulador basado en LM565.

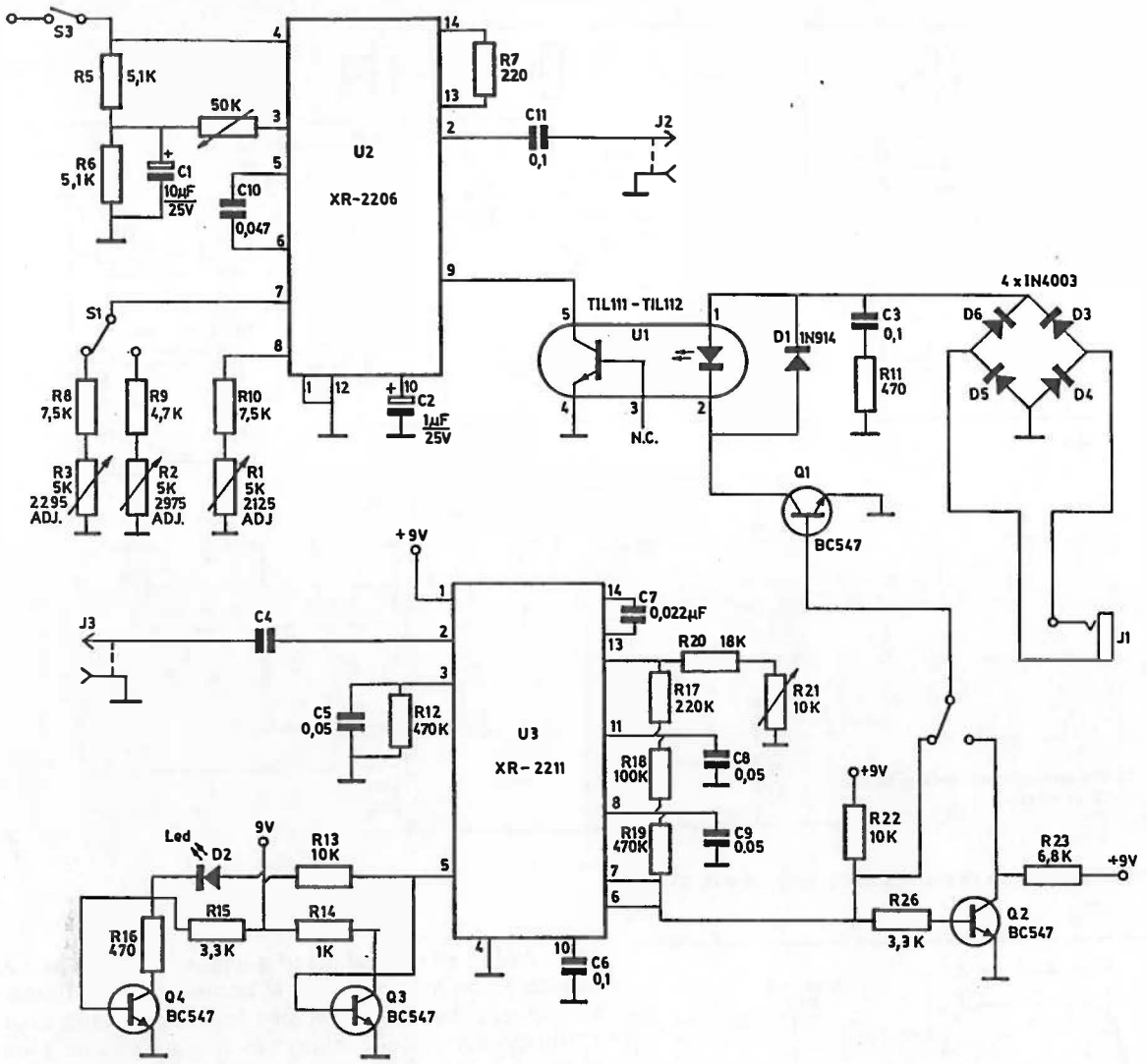



Figura 10.51 Modulador y demodulador basado en los CI de la Exar XR2206 y XR-2211.

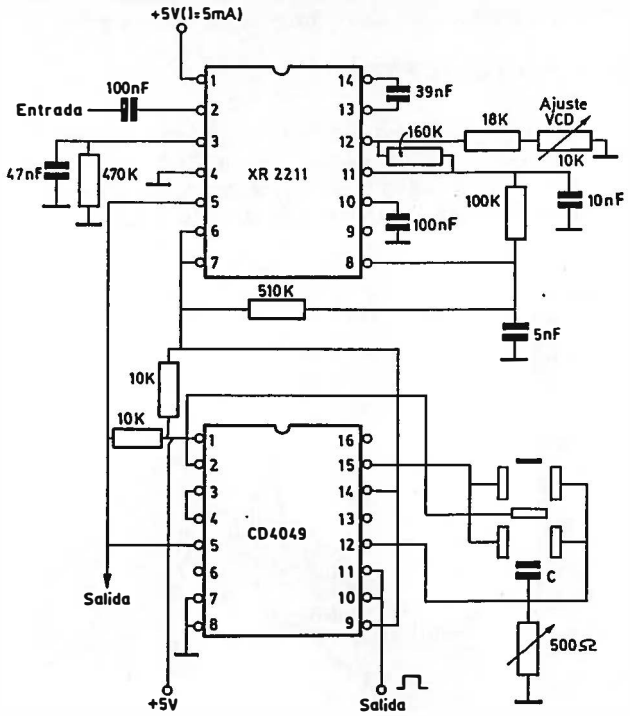



Figura 10.52 Demodulador con el XR2211, de F1DGT.

la señal detectada en forma digital y observar la correcta cuadratura de los impulsos recibidos, lo que es inequívoco de buena sintonía. Este sistema resulta eficaz en el caso de utilizar un demodulador basado en el discriminador, cuya frecuencia central debe situarse entre las señales de marca y espacio.

Es interesante efectuar una buena sintonía de las señales de RTTY. Observando la figura 10.55 vemos que las señales de FSK quedan bien centradas en la estrecha banda de esta frecuencia intermedia ideal (250 Hz), por lo que la

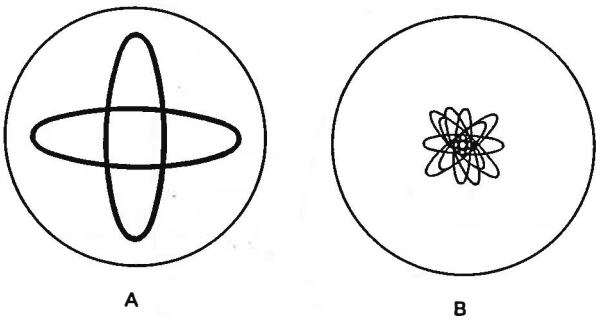



Figura 10.53 Figuras observadas en el osciloscopio en la sintonía de señales de RTTY: *a*) señal correctamente sintonizada, y con circuitos de bajo «Q». *b*) Con mucho ruido, prácticamente sin señal.

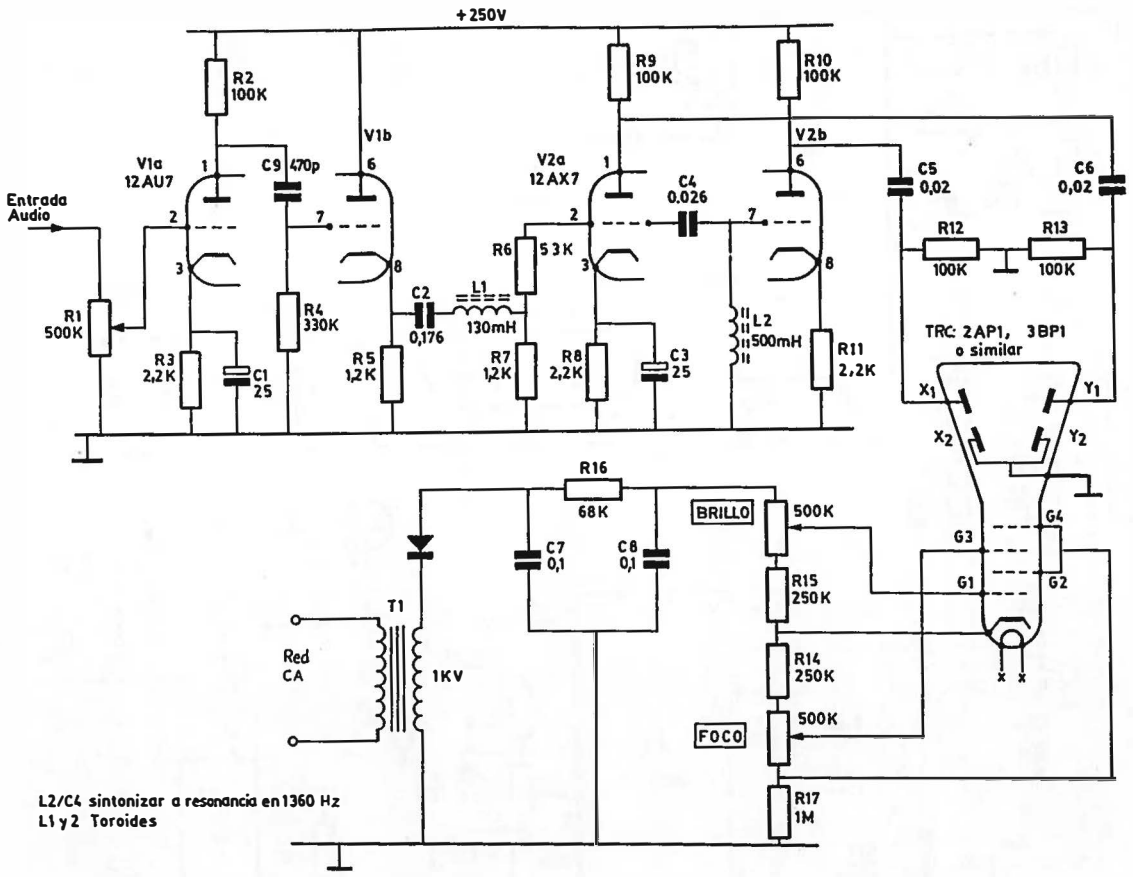



Figura 10.54 Osciloscopio monitor de salto de audiofrecuencias de RTTY.

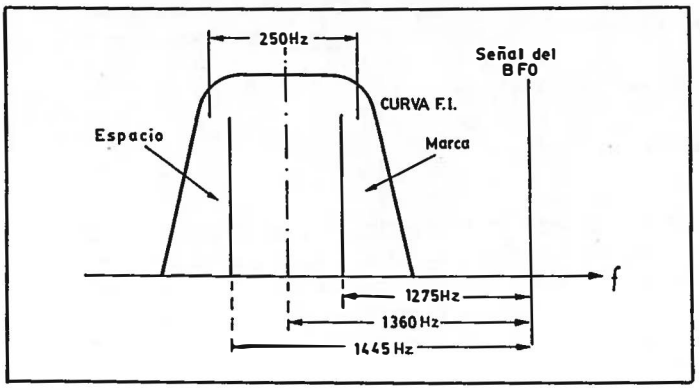



Figura 10.55 Situación en la FI, de una señal de RTTY correctamente sintonizada.

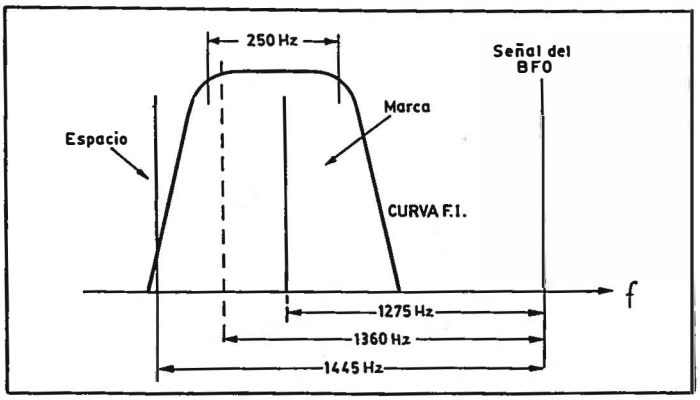



Figura 10.56 Atenuación de una de las señales de RTTY, por efecto de la anchura de banda pasante del amplificador FI.

selectividad y la sensibilidad a ambas frecuencias (marca y espacio) son máximas. Por el contrario, en la figura 10.56 vemos que una de las señales (espacio) queda totalmente atenuada por el rechazo de la FI, aunque ello no sería grave si nuestro demodulador es de los que sólo detectan la señal de marca, pero sería desfavorable si la señal atenuada fuese la marca, o se tratara de un demodulador de ambas señales.

### 10.5.13 Artistas de la RTTY

En la comunicación con radioteletipo no faltan quienes, con una creatividad insospechada, no se contentan con remitir su QSL a través de la teleimpresora o télex, sino que demuestran su destreza y arte a través de este medio.

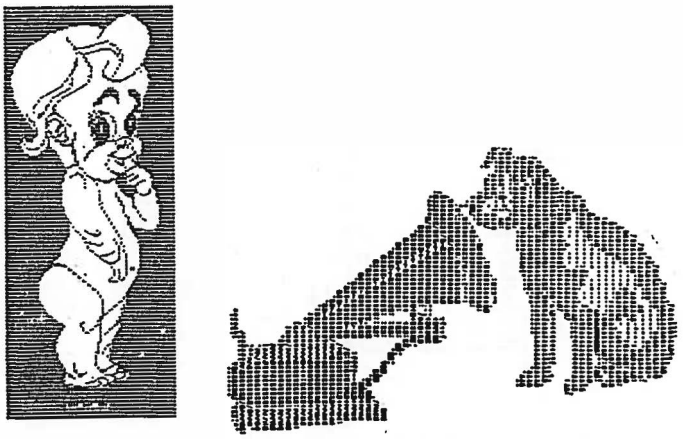


Figura 10.57 El arte y el radioteletipo.

Observemos en la figura 10.57 algunas muestras producidas por algunos radioaficionados que han sabido mezclar la técnica del radioteletipo con su creatividad artística. El determinar qué carácter nos servirá mejor para cada rasgo es básico en la composición de los dibujos. Aunque todos hemos visto equipos capaces de reproducir una fotografía o imagen de video en su símil a base de caracteres de impresora, lo importante es que las actuales muestras hayan sido concebidas sin la ayuda de los sistemas utilizados comercialmente.

## 10.6 COMUNICACIONES ESPACIALES

El lanzamiento del primer satélite ruso en 1957, el Sputnik I, cuya transmisión en la banda de dos metros interesó a los entusiastas a las VHF, inició la afición a las comunicaciones vía satélite. Todos se entusiasmaron girando sus antenas y sintonizando aquellos primitivos receptores en 144 MHz para máxima señal del «HI...HI... HI... » transmitido por aquel nuevo artefacto que el hombre había colocado en órbita, aumentando de manera artificial el número de satélites que nos rondarían a partir de aquellos momentos.

Para aumentar la cobertura de las VHF, que de otra forma era limitada, se colocaron repetidores en las cimas de los montes, y no faltó quien inició el lanzamiento de globos (plan Anjou, en Francia) para conseguir coberturas muy superiores a la de los repetidores, pero desgraciadamente los globos-sonda permanecían sólo unas horas en las alturas.

Realmente los proyectos Oscar han cubierto una zona experimental muy interesante en las comunicaciones de aficionado, permitiendo enlaces a distancias intercontinentales sin excesos de potencia ni límites de ubicación.

En los satélites se emplean generalmente transpondedores, o sea estaciones retransmisoras que reciben en una banda y retransmiten las señales recibidas en otra. Generalmente se utilizan bandas pasantes de unos 100 kHz. Se emplea inicialmente la telegrafía, la SSB y el RTTY, pero se aconseja la transmisión en AM.

En alguno de los extremos de la banda pasante se transmite una señal de baliza para poder seguir la trayectoria del satélite, el cual transmite a tierra datos codificados relativos a estado de baterías, temperatura, altitud, etc., o datos telemétricos.

Las potencias empleadas en emisión por los satélites no acostumbran a ser muy altas, generalmente son de 2 a 3 W.

### 10.6.1 Trabajo vía satélite

Generalmente las frecuencias utilizadas son: entrada alrededor de 145,900 MHz (más-menos 50 kHz) según el satélite y salida en 29,400 MHz. En este modo se precisa de una potencia de unos 100 W y antena de ganancia. Otra de las frecuencias de trabajo suele ser entrada en 432 MHz y salida con la banda lateral invertida en 145,9 MHz. Otra

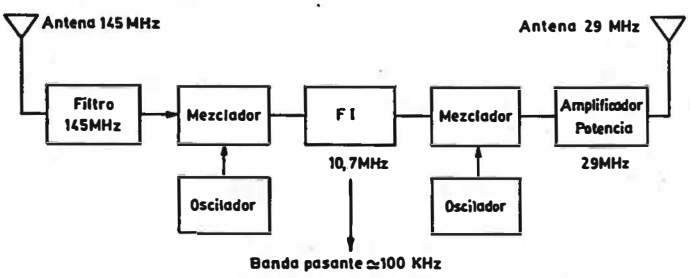



Figura 10.58 Esquema de bloques de un transpondedor para satélite.

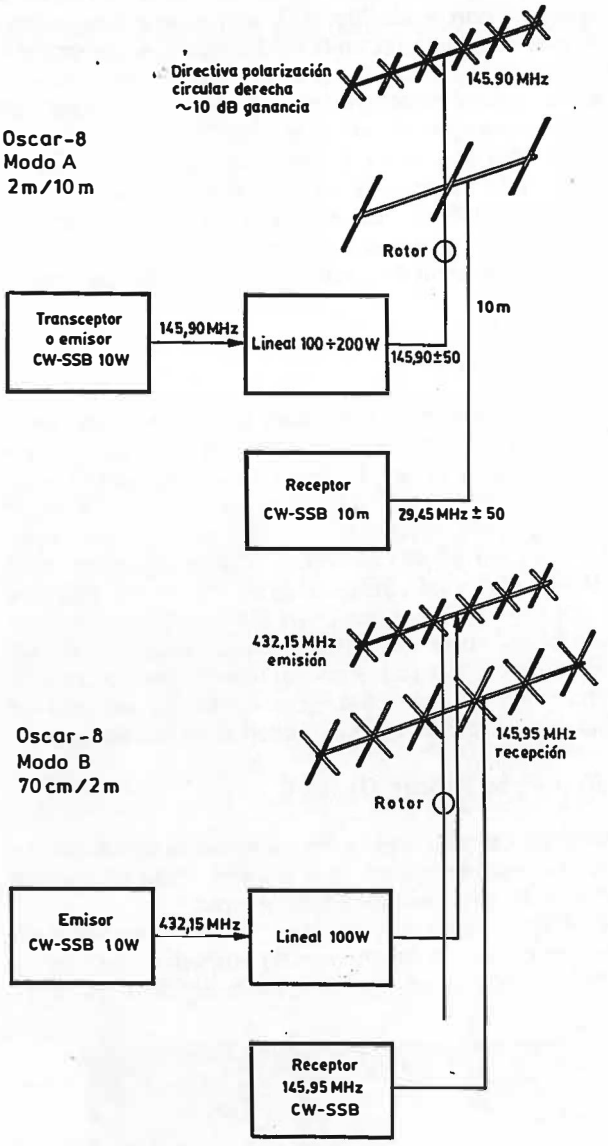



Figura 10.59 Estación para trabajar satélite.

posibilidad sería la de que el satélite reciba en 145,900 y retransmita en 432 MHz.

De todas maneras debemos disponer de una antena, a ser posible con rotor, para su giro hacia el zenit (azimutal) o de sentido vertical y el normal de giro horizontal, a fin de permitir un buen seguimiento.

Las antenas estarán en consonancia con la polarización y sensibilidad del satélite, en 144 y 432 MHz es aconsejable una antena cruzada con polarización circular derecha, pero ello no es imprescindible. Para los 10 metros, que sólo se usan en recepción, sirve la propia antena de bandas bajas, y lo que sí se precisa es buena sensibilidad en el receptor o transceptor. En algunos casos será útil un preamplificador de la señal de antena.

El principal inconveniente en la recepción de señales de satélite puede ser la cantidad de señales espurias y ruidos que existen en la ciudad, por lo que será muy importante para obtener los mejores resultados una situación despejada y alejada de la producción de ruidos eléctricos.

Para la operatividad habrá que disponer de la suficiente información sobre las órbitas que divulgan los boletines radiados o escritos, para prever la orientación de antena, así como la hora de paso por nuestra zona. Estando a la escucha

de salida, una vez detectada la aparición de las estaciones que ya trabajan con el satélite, o de su propia baliza, iniciar una serie corta de llamadas en la frecuencia libre del satélite, las cuales deben ser escuchadas en la salida correspondiente. Así se controla el nivel de excitación del satélite; luego se espera hasta conseguir un buen contacto. En estas operaciones debe tenerse en cuenta el efecto Doppler por el que las señales recibidas variarán de frecuencia debido a la velocidad relativa del satélite con respecto a nuestra estación. El caso es parecido a lo que ocurre con el sonido del silbato de la locomotora que varía de tonalidad (frecuencia) por efecto de la velocidad.

### 10.6.2 Oscar fase III

En los satélites del proyecto Oscar, hasta el número siete, sus órbitas eran ligeramente elípticas, y su órbita completa duraba unas dos horas, por lo que la utilización continuada por una estación era como máximo de unos 15 a 20 minutos, con el consiguiente problema mecánico que representa un seguimiento continuo de la trayectoria en el firmamento. En la fase III se conseguirán duraciones de más de dos horas, a base de conseguir órbitas exageradamente elípticas, y cuya permanencia en zonas de interés puede superar las dos horas, permitiendo no sólo más comodidad de comunicación, sino incluso más distancia entre las estaciones enlazadas, por ser su altura muy superior en los apogeos.

### 10.6.3 Proyecto Amsat-Oscar 9

Con fines científicos parece inminente el lanzamiento de un satélite cuyos fines no serán la retransmisión de señales sino el envío de informaciones telemétricas.

Los objetivos de este proyecto son: aportar a la afición un medio de estudio de los fenómenos de propagación tanto en bandas bajas como en microondas; estimular el interés a las ciencias del espacio en las escuelas y universidades a base de una participación activa; ampliar las aplicaciones de la radioafición y animar a aficionados interesados en el tema, establecer un grupo preparado (el proyecto se desarrolla en Inglaterra) de radioaficionados capaces de resolver el montaje de un equipo complejo como el propuesto y, por último, estudiar y evaluar las posibilidades altas para futuros usos en las comunicaciones de radioaficionados a través del espacio.

Emitirá como baliza en 7.001, 14.001, 21.001 y 28.001 y por observación directa conoceremos las posibilidades de propagación. En microondas dispone de las balizas en 2,4 GHz y en 10,47 GHz y datos de la actividad solar, estructura magnética del espacio, así como las cargas moleculares y sus radiaciones serán remitidos a través de las balizas en 145,9 y 432 MHz. Las señales emitidas están codificadas en ASCII a 1200, 600, 300, 110 baudios y en RTTY a 45,5 baudios; en morse y con voz sintetizada.

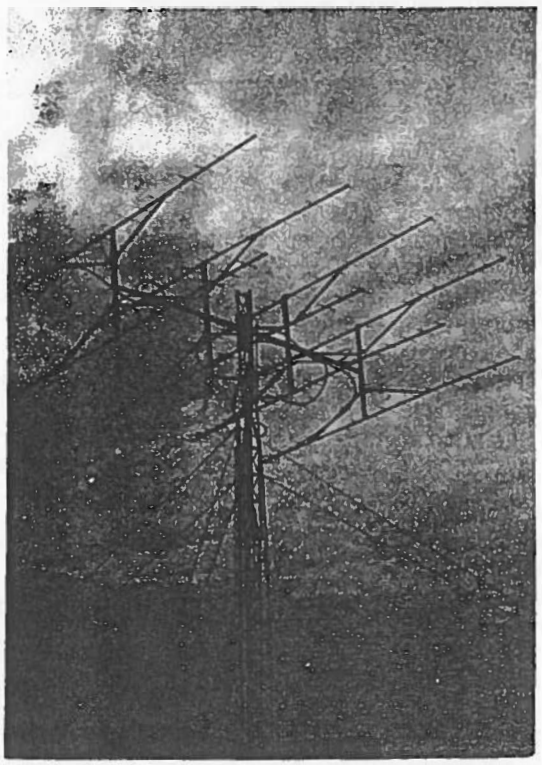


Figura 10.60 Antenas para rebote lunar de EA3PL, instaladas en su QTH de Torrellas.

## 10.7 COMUNICACION POR REBOTE LUNAR «EME»

Hace ya años que se consiguió enlazar Estados Unidos con Australia utilizando el rebote lunar y la frecuencia de 144 MHz en SSB, 1 kW de salida y antenas de alta ganancia.

Actualmente ya se celebran dos encuentros internacionales de EME por año, y hay quien ha conseguido más de una docena de contactos en un fin de semana.

### 10.7.1 Cómo trabajar en rebote lunar

Quizás uno de los problemas que inicialmente se presenta es cómo resolver de una manera fácil el enfoque exacto de las antenas hacia la luna, y en especial qué sistema adoptamos para un seguimiento correcto. El empleo de antenas parabólicas es ideal para conseguir una alta ganancia, sobre todo a partir de los 432 MHz. Recordemos que en rebote lunar se trabaja en 144 MHz, en 432 MHz y en 1230 MHz. De todas maneras en los últimos concursos de rebote lunar varias estaciones consiguieron un puesto relevante en la clasificación con el uso de conjuntos de antenas yagui como el de la figura 10.60. Cuando se montan varias directivas de alta ganancia en paralelo, no sólo debe cuidarse su separación física, sino que es vital conseguir una adaptación correcta entre ellas. Es básico, como en todas las comunicaciones en VHF y UHF, situar la estación en una zona libre de los ruidos y perturbaciones típicos de la ciudad, así como instalar un previo de radiofrecuencia tan próximo a la antena como sea posible y con el más bajo factor de ruido. En el sistema receptor debe emplearse el filtro pasabanda más estrecho disponible para reducir el ruido y disponer de la máxima relación señal/ruido. Otro aspecto importante al dedicarse al rebote lunar es la potencia emitida, puesto que por tratarse de una señal que debe rebotar en un medio como la luna y situado a gran distancia, sin que la misma nos ofrezca ninguna concentración de la energía devuelta a la tierra, si no que muy al contrario existe una gran dispersión de la energía que le enviamos, debemos trabajar con la máxima potencia de salida posible y se considera adecuado trabajar con 1 kW aproximadamente.

## 10.8 RECEPCION DE TV VIA SATELITE

Otra de las aficiones que se está extendiendo es la recepción de señales comerciales de televisión vía satélite

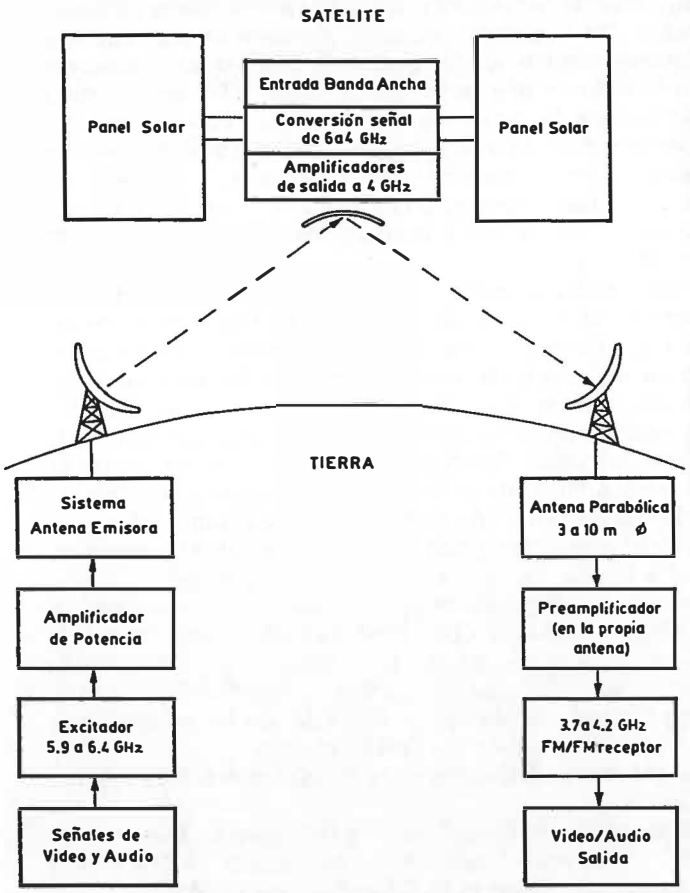



Figura 10.61 Televisión comercial a través de satélite. De uso en EE.UU.

situados en una posición fija respecto a nosotros, o sea geoestacionarios.

En la actualidad el sistema de antena resulta caro, puesto que la parabólica necesaria para recibir con comodidad algunos satélites debe tener entre los 3 y 6 metros de diámetro. En EE.UU. los costes aproximados de una instalación completa de sistema de recepción de TV vía satélite son de alrededor de medio millón de pesetas.

La ventaja de poder ajustar la parábola en una dirección da una gran solidez al sistema, pero ocupa una buena zona en la

Figura 10.62 Recepción en EE.UU. de señales de TV vía satélite por W5KHT. Se trata de emisiones en español.

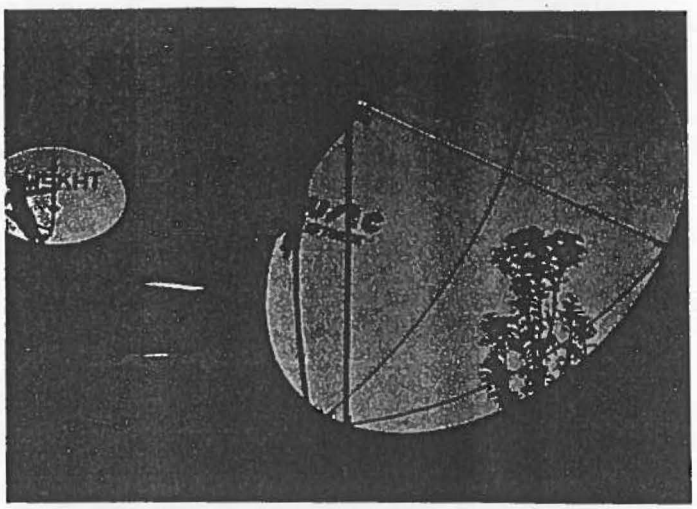


Figura 10.63 Instalación de las antenas parabólicas utilizadas por el radioaficionado W5KHT, quien ha recibido en su instalación la mayoría de canales vía satélite en EE.UU.

azotea y no es tan fácil de instalar como una antena clásica de TV. Aunque el sistema está comercializado por varias firmas, se puede experimentar mucho en recepción, puesto que son varias las empresas que ofrecen kits del sistema receptor por partes, incluso de las antenas parabólicas.

Las frecuencias de trabajo varían según la zona y los acuerdos internacionales, pero en EE.UU. se utiliza actualmente las comprendidas entre 3,7 a 4,2 GHz de emisión en el satélite, y 5,9 a 6,4 de recepción en el mismo. Se trata de un transpondedor por canal que reemite en la banda baja las señales recibidas en la alta. La modulación de las señales de video es en FM y subportadora de audio en FM.

En la Región I (Europa) y en 1977, en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiodifusión por Satélite, se acordó que se utilizarían los canales comprendidos entre los 11,7 y 12,5 GHz en la emisión desde los satélites (40 canales); naturalmente, con la existencia de varios satélites en diferentes situaciones geoestacionarias, con antenas de apenas un metro se podrán recibir más de un centenar de programas reorientando la mencionada parábola a cada posición orbital (fija para cada satélite); para ello existen sistemas controlados a distancia, similares a los actuales rotores de antenas directivas.

Durante el año 1979 un grupo de radioaficionados franceses estuvieron experimentando y efectuando demostraciones del sistema de recepción y emisión con TVA en los 12 GHz a fin de disponer de un sistema probado para recibir las primeras señales que se emitan por dicho sistema.

Naturalmente, excepto el coste del lanzamiento, puesta en órbita, del propio satélite y de la compleja circuitería en el satélite, puede resultar más efectiva y económica la solución de redes de TV comerciales de varios países con graves problemas geográficos, que la actual solución de disponer de una compleja red terrestre de emisores y repetidores, aparte del enorme ahorro que supone trabajar con paneles solares a muy reducida potencia (algunos centenares de vatios como máximo), para cubrir un territorio tan grande como pueda ser el de España.

A fin de disminuir los costes de la compleja instalación de recepción, algunas empresas proponen la instalación de centros de recepción de la señal de los satélites y distribuirla en zonas, cuyos clientes conectarían a través de un cable coaxial.

Hasta el momento parecía que esta tecnología estaba

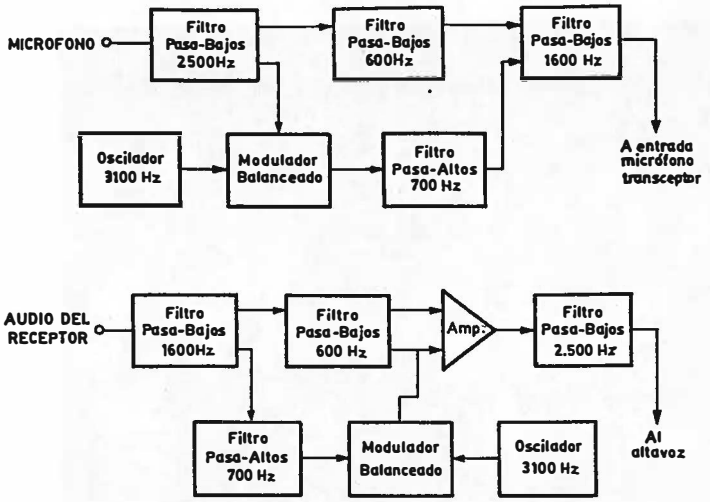



Figura 10.64 «Compandor» utilizados en la recepción de la modulación de voz en banda estrecha (NBVM).

reservada a las grandes empresas, caso de Buitrago en España, enlace vía satélite entre Canarias y la península, pero parece inminente la dedicación de algunos radioaficionados a esta interesante especialidad.

Actualmente se ofrecen varias soluciones en kit o enteramente ajustadas y probadas; en ellas se anuncia la posibilidad de disponer en América de la recepción de casi cien canales de televisión a través de once satélites. Naturalmente, esto implica el uso de un motor para orientar la parábola a cada uno de ellos.

## 10.9 MODULACION EN BANDA ESTRECHA (NBVM)

Están despertando un gran interés estas nuevas técnicas de transmisión y recepción de señales a juzgar por la literatura que durante estos últimos años ha aparecido sobre el tema; digamos que, como dato estadístico, el The Radio Amateur's Handbook dedica un capítulo completo al tema de la modulación de voz en banda estrecha.

Este sistema se aplica generalmente después del micrófono en el transmisor y antes del altavoz en el receptor; raramente su empleo se efectúa directamente en el paso de FI o de RF, y se basa en la compresión de amplitud de la señal audio, así como de una compresión de anchura de banda antes de transmitir dicha señal; de modo inverso, en la recepción tiene lugar una expansión de la amplitud y anchura de banda del audio detectada, restaurándose la señal inicial.

El proceso de compresión del nivel audio, así como su expansión lo efectúa el «compandor de amplitud», y el mismo proceso aplicado al espectro de audiofrecuencia lo procesa el «compandor de frecuencia».

Al igual que en la banda lateral única (SSB), se ha mejorado las características de la señal y ha permitido perfeccionar los propios equipos emisores y receptores (por ejemplo: ancho de banda de la FI, supresión del modulador en AM, etc.).

Los compandores permiten reducir la banda pasante de los receptores y, por tanto, disminuir el ruido, mejorando la relación señal/ruido, así como interferencias en los canales adyacentes por ocupar menos espacio en la banda de trabajo, y controlar totalmente la anchura de banda en audio.

El compandor de frecuencia es un sistema más complejo que el compandor de amplitud. A diferencia de éste, el compandor de frecuencia aprovecha generalmente sólo tres zonas de las frecuencias vocales, por considerarse que son las que determinan la inteligibilidad de la voz. En el caso del filtro basado en una banda de paso de 1600 Hz se utiliza directamente la zona de 350-600 Hz, para la primera componente de la voz y la de 1500 a 2500 Hz para la segunda y tercera componentes. En el caso de un ancho de banda de 2100 Hz se utiliza también la de 350-600 Hz y más anchura en la parte alta, puesto que disponemos de los 1000 a los 2500 Hz.

En la realidad la primera componente de 350-600 Hz pasa directamente a través del sistema. Las frecuencias de las segunda y tercera componentes se invierten y convierten en frecuencias más bajas para ser emitidas por el transmisor, mientras que en recepción son nuevamente convertidas a frecuencias más altas, o sea la primitiva (restauración de la frecuencia inicial). Tanto en transmisión como en recepción son usados filtros de paso alto (700 Hz) para eliminar los productos de distorsión en las mencionadas mezclas.

Al igual que ocurrió con la SSB, al principio pareció un desafío imposible para el aficionado montarse su propio equipo, pero después muchos lograron trabajar con un transceptor alambrado por sí mismo. Es de esperar que la profusión de circuitos permita trabajar en SSB banda estrecha con el propio procesador de NBVM.

Las frecuencias habituales de trabajo de los entusiastas a la SSB en Banda Estrecha o NBVM son:

80 metros los miércoles a las 00.00 horas UTC en 3.850 MHz.

40 m en 7.175 MHz. Sábado a las 00.30 UTC.

20 m, frecuencia internacional de llamada 14.210 MHz y frecuencia de trabajo entre 14.235 y 14.242 MHz.

15 m, en DX algunas estaciones trabajan en 21.302 MHz.

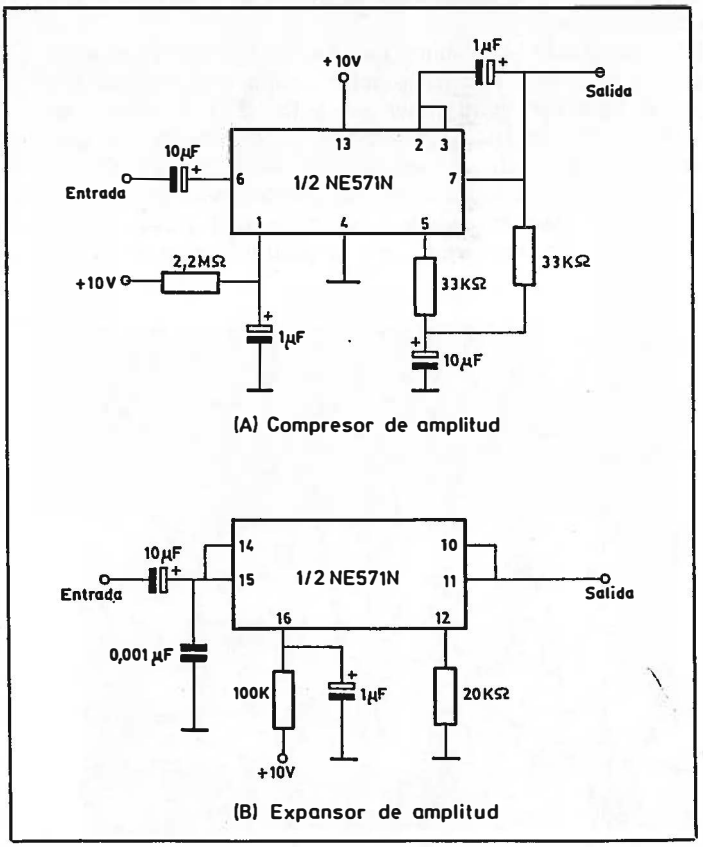



Figura 10.65 Compresor y expansor de amplitud, basado en el CI NE571N.

### 10.9.1 Otras técnicas de modulación

Una derivación de la NBVM es la ASCB o modulación de amplitud por «compandon», para aplicaciones en las comunicaciones móviles en VHF.

Al sistema que han desarrollado en la Universidad del Pacífico los Drs. Lusignan y Cleveland se le atribuyen las siguientes ventajas respecto a la FM de banda estrecha usada comúnmente en la actualidad: 10 dB de ganancia sobre la NBFM, canales de sólo 5 kHz, doble alcance y menor consumo a igualdad de potencia. En él se aplican las técnicas de compresión tanto de frecuencia como de amplitud en la transmisión y de expansión en la recepción.

Otro de los estudios efectuados últimamente sobre sistemas de modulación es el de la banda lateral única en FM. Se basa en dos desfasadores de audio, que modulan en FM un oscilador controlado por tensión obteniéndose así una señal de SSB-FM. Otra versión que incluiría un amplificador exponencial permitiría obtener igualmente una señal de SSB-FM con portadora.

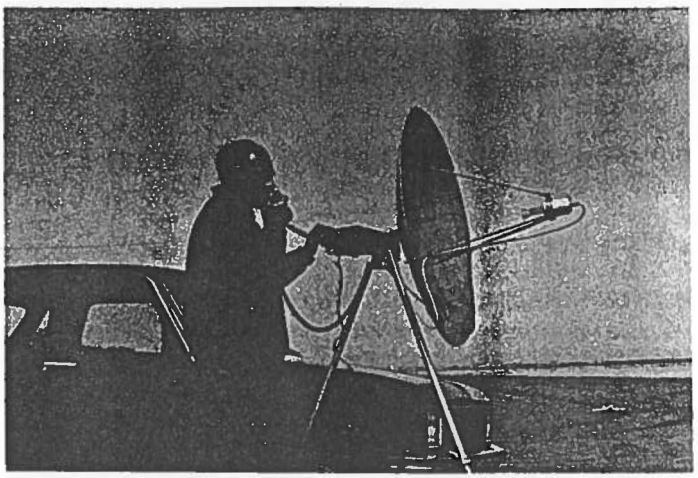


Figura 10.66 Al radioaficionado siempre le ha gustado experimentar con las técnicas más avanzadas a su alcance. Aquí podemos observar al colega EA3PL en el contacto que le valió la marca española de distancia en 10 GHz.

## 10.10 FUNDAMENTOS DEL LASER

La palabra proviene de las iniciales del inglés «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», o sea amplificación lumínica por emisión estimulada de radiaciones.

El laser absorbe la energía del espectro luminoso y la convierte en un estrecho e intenso haz en la misma zona espectral. Un simil en el tema eléctrico es la obtención de descargas de muy alta tensión a partir de una débil batería, por medio del carrete de Rumkhorf.

El proceso que convierte la energía de una forma a otra en el caso del laser es totalmente distinto de como se consigue en el caso de la radiofrecuencia. En la generación de ondas de radio por el sistema habitual, la frecuencia de la señal es totalmente independiente de la estructura molecular o atómica del generador (cristal en el transistor, gas en la válvula); en cambio, en el caso del laser, la energía generada estará distribuida en frecuencias que serán función de la estructura del cristal o gas soporte, y los circuitos externos prácticamente no influyen en la frecuencia generada. Así básicamente podemos diferenciar varios tipos fundamentales de generadores de laser: a gas, a semiconductor, a rubí y a líquido. La transmisión en el espacio de la energía es similar a la de la luz, con las consiguientes propiedades de reflexión.

Las comunicaciones vía laser pueden aprovechar la mencionada propiedad de tratarse de un fino haz, aparentemente sin dispersión. De todas maneras su futuro inmediato depende de las aplicaciones, experiencias y estudios que la afición efectúe sobre el tema, pero al igual que ha ocurrido con las microondas, es de esperar una dedicación al tema del laser. Debemos comentar que últimamente en las principales casas de sobrantes (surplus) se anuncia la venta de válvulas de helio-neón y diodos generadoras de laser.

### 10.10.1 Generación del laser

Durante el año 1954, en unos laboratorios de la Universidad de Columbia se consiguió generar microondas por un sistema hasta el momento insólito, sin el empleo de las válvulas electrónicas; el medio empleado fue el gas amoníaco, y las microondas se generaron por la liberación de la energía disponible en las moléculas del gas. Así se descubrió el maser, llamado así por las siglas de «Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation». Hacia el año 1959 se consiguió mejorar los resultados iniciales con el descubrimiento del maser óptico o laser. Trabajando en el espectro lumínico, el laser es generado en un medio activo que puede ser un cristal, un gas o un semiconductor, y cuyo espacio está limitado por espejos paralelos que reflejan la luz entre sí. Los átomos del medio activo, en colisión con la luz, emiten más energía liberada si uno de los espejos deja pasar el haz luminoso a través de una pared traslúcida.

### 10.10.2 Posibilidades

El laser permitirá un avance estratégico. En el caso del radar permite detectar detalles mucho más diminutos que el propio radar convencional y en el campo de las comunicaciones es posible conseguir enlaces superiores a los experimentados con los 10 GHz.

En los precedentes capítulos hemos mencionado el problema que representa el ruido en los amplificadores de microondas. En la recepción de señales de satélites, por ejemplo, con el uso del maser de rubí de ondas viajeras se consiguen factores de ruido de valor ínfimo en comparación con los FET de arseniuro de galio. Esto es un caso práctico en funcionamiento en la estación de seguimiento de satélites en Andover, Maine. Con dicho receptor se reciben señales del Telstar cuyos valores de energía son inferiores a $10^{-18}$ W, lo que equivale a un aumento de la sensibilidad de un receptor normal de microondas del orden de centenares de millones de veces. Para quienes se dedican a la radioastronomía, superar esta sensibilidad a base de disminuir la banda pasante del receptor, ofrece unas condiciones de estudio radioastronómico sumamente interesantes.

Si en el campo de las microondas el laser ofrece su uso en infinidad de aplicaciones técnicas actuales, en lo que concierne a las comunicaciones, su capacidad de transmitir información es amplísima; si es previsible que con un simple retransmisor de laser instalado sería posible el enlace de todas las comunicaciones telefónicas de medio globo terráqueo, imaginemos la de canales de televisión que sería posible retransmitir a través de un solo satélite equipado con un solo transpondedor a laser. Como dato orientativo indiquemos que, en el caso comentado, con el laser disponemos de una banda pasante de unos 5.000 GHz.

# repetidores

11

*Rafael Arquimbau González*

## 11.1 DESCRIPCION DEL REPETIDOR

El repetidor es un conjunto transmisor-receptor capaz de recibir y transmitir simultáneamente una señal de radio. Un repetidor simple consistiría, pues, en un receptor con su salida de audio acoplada a la entrada de micro de un transmisor (figura 11.1). Naturalmente, se requiere de un circuito adicional para activar automáticamente el transmisor cuando en la entrada del receptor aparece una señal a «repetir»; de esta manera, por débil que sea la señal inicia su función el dispositivo.

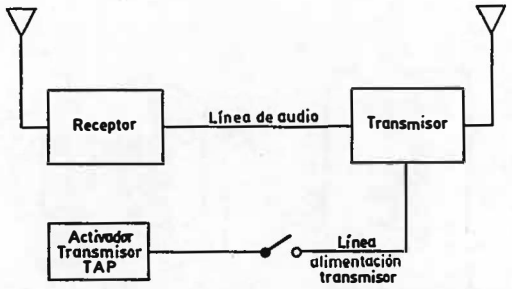



Figura 11.1 Un repetidor simple consta de receptor-transmisor y la línea de audio del receptor está acoplada para modular al transmisor. El transmisor es activado por el circuito TAP (transmisor activado por portadora).

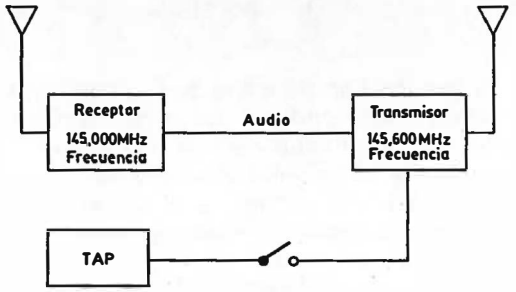



Figura 11.2 En los repetidores para aficionados la separación es de 600 kHz en VHF y de 25 kHz y 50 kHz en UHF. En los repetidores comerciales estas frecuencias están generalmente más espaciadas.

En el diagrama de la figura 11.2 se ve que la transmisión y la recepción simultáneas se realizan con frecuencias diferentes; para la banda de 144 MHz, asignada a radioaficionados la separación establecida por las normas IARU (Asociación Internacional Radioaficionados), es de 600 kHz en 144 y de 1,6 MHz o 7,6 MHz en las de UHF 432 MHz.

Los transmisores que normalmente integran el repetidor son de frecuencia modulada, su excursión de frecuencia no sobrepasa generalmente los 10 kHz; las normas de excursión en la banda de radioaficionados son de 6 kHz como máxima desviación establecida por la IARU, y los canales mantienen una separación 25 kHz en VHF y de 25 kHz y 50 kHz en UHF.

Comercialmente se fabrican repetidores para los enlaces comerciales o estatales; las frecuencias de trabajo asignadas a éstos son generalmente más espaciadas que las de los radioaficionados, lo cual facilita su instalación (figura 11-2).

Uno de los principales problemas que surgen es el de «desensibilización» del receptor, conocida en la práctica por interacción, y debida a la reducción de sensibilidad en el receptor a causa de la proximidad del campo RF generado por el transmisor. Este inconveniente es menos acusado cuando la separación de frecuencias es mayor. El repetidor va a necesitar elementos adicionales para subsanar este fenómeno y, como más adelante veremos, van a jugar un papel muy importante los filtros de cavidades resonantes, los diplexores, etcétera.

### 11.1.1 Diagrama modular del repetidor

El conocimiento modular del repetidor es del todo imprescindible para poder analizar más adelante cada módulo. La figura 11.3 muestra el diagrama completo del repetidor y en ella se omite el sistema de alimentación que será tema de otro apartado, ya que requiere una especial atención.

En el conjunto de los bloques que constituyen el receptor observamos que la señal recibida por la antena pasa al primer paso amplificador de RF; éste la amplifica convenientemente

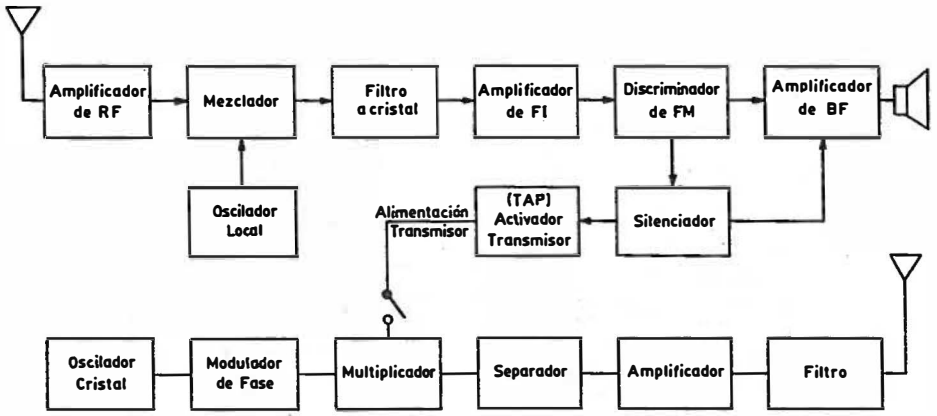



Figura 11.3 Diagrama de bloques del repetidor. La parte superior es la sección receptora, mientras que la inferior es la sección transmisora.

y la entrega al mezclador; el oscilador local genera la frecuencia para la mezcla y el resultado será una nueva frecuencia que constituye la frecuencia intermedia (FI, principio básico del superheterodino). La señal FI pasa por un filtro a cristal (figura 11.4) donde sufre una atenuación y, por consiguiente, volveremos a aumentar su nivel con el módulo amplificador de FI; después pasa al discriminador de FM, el cual tiene una doble función: primera, convierte la mayor parte de la señal en una de baja frecuencia audible en el altavoz del receptor y segunda, como se ve en el diagrama modular, utiliza el nivel de ruido generado por el circuito en ausencia de señal, para activar el módulo silenciador, el cual, a su vez, controla al conmutador automático del transmisor (TAP) (transmisor activado por portadora).

El conjunto del transmisor lo constituye básicamente un oscilador controlado a cristal y un modulador de fase. La señal generada por el oscilador es amplificada por un paso sintonizado. Este circuito está diseñado convenientemente para la separación entre pasos, por lo que se le denomina separador; a él le sigue la cadena de multiplicación de frecuencia para aumentar la frecuencia hasta el límite deseado. Un transmisor tiene tantos pasos separadores como cambios de frecuencia sean necesarios para alcanzar la frecuencia final de transmisión, y un paso final de potencia, seguido de una red de filtro paso bajo para la reducción de armónicas y señales no deseadas; en la práctica también esta red sirve para el acoplamiento de impedancias con la antena.

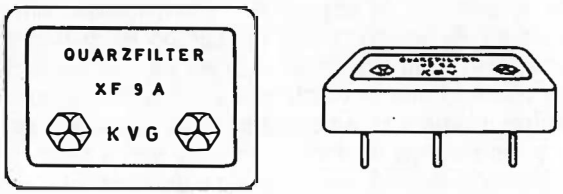



Figura 11.4 La señal de FI pasa por un filtro de cristal.

El ruido puede ser externo o interno. El ruido externo en zonas superiores a los 100 MHz es bajo, porque cuando aumenta la frecuencia disminuye el ruido que generan los parásitos atmosféricos, industriales o de otra índole; el ruido interno lo genera el mismo paso amplificador. Normalmente el repetidor se instala en zonas tranquilas, alejadas de ruidos externos, por lo que éstos raramente perturban la recepción de señales débiles; por consiguiente, es imprescindible reducir el ruido interno a niveles lo más bajos posible. La recepción será tanto mejor cuando menor sea el ruido generado por el propio amplificador. En cuanto a la selectividad, los pasos sintonizados hacen que disminuya la sensibilidad y para reducir al mínimo la pérdida de ésta, en los amplificadores RF de VHF/UHF se emplean filtros helicoidales (figura 11.6) que proporcionan un alto grado de selectividad sin pérdidas elevadas. Cuanto más estrecha sea la banda de paso en RF conseguida, mejor se evitan las modulaciones cruzadas, interferencias de toda índole, desensibilidad por señales fuertes próximas a la frecuencia de sintonía, etc. Usando un buen paso amplificador de RF muy sensible y selectivo se consigue que el repetidor funcione satisfactoriamente.

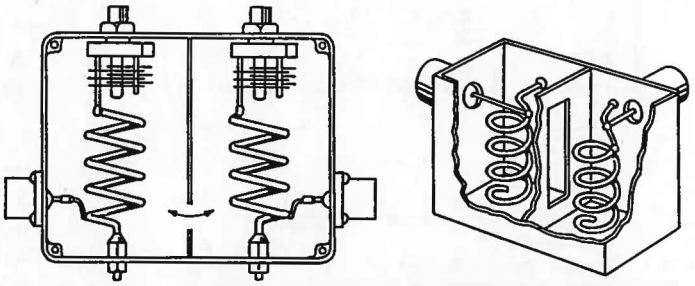


Figura 11.6 Los amplificadores de BF para VHF/UHF emplean filtros helicoidales. La transferencia de energía se realiza a través de una pequeña ventana; la sintonía se obtiene por condensadores de alta calidad y la disposición de varios resonadores en serie aumenta la selectividad.

## 1.2 EL RECEPTOR

El diagrama de bloques de la figura 11.5 muestra las diferentes partes del receptor; la primera es el amplificador de RF y constituye la primera etapa que recibe las señales de radio captadas por la antena; en los repetidores esta sección es de primordial importancia. En lo que a la elección de circuitos se refiere deben tenerse en cuenta dos de las características principales: sensibilidad y selectividad. La sensibilidad viene expresada por la relación señal/ruido

A la salida de este paso amplificador de RF, la señal entra en el «circuito converson» donde se mezcla con la señal del oscilador local. Ambas frecuencias se combinan y la diferencia entre ellas tiene un valor constante; este proceso es lo que se llama «heterodinaje» y el circuito puede proyectarse para una determinada frecuencia que constituirá la FI. Normalmente se utiliza la frecuencia de 10,7 MHz debido a que existe una gran diversidad de filtros selectivos (figura 11.7) normalizados a esta frecuencia. Todo mezclador introduce una pérdida en la conversión que, con el ruido

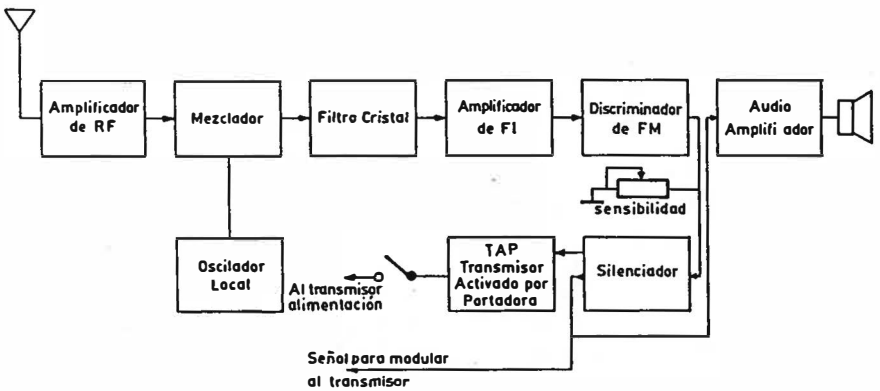



Figura 11.5 Diagrama de bloques del receptor del repetidor.

| Filtros FM | | Frecuencia central | Banda de Paso | Ultima Atenuación | Impedancia | | Atenuación de Paso |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Entrada | Salida | |
| *Fabricante* | *Modelo* | | | | | | |
| KVG (1) | XF-9E | 9,0 MHz | 12 kHz | 90 dB | 1200 | 1200 | 3 dB |
| KVG (1) | XF-107A | 10,7 MHz | 12 kHz | 90 dB | 820 | 820 | 3,5 dB |
| KVG (1) | XF-107B | 10,7 MHz | 15 kHz | 90 dB | 910 | 910 | 3,5 dB |
| KVG (1) | XF-107C | 10,7 MHz | 30 kHz | 90 dB | 2000 | 2000 | 4,5 dB |
| Heath Dynamics (2)- | | 21,5 MHz | 15 kHz | 90 dB | 550 | 550 | 3 dB |
| Heath Dynamics (2)- | | 21,5 MHz | 30 kHz | 90 dB | 1100 | 1100 | 2 dB |
| Clevite (3) | TCF4-12D3CA | 445 kHz | 12 kHz | 60 dB | 40k | 2200 | 6 dB |
| Clevite (3) | TCF4-18G45A | 455 kHz | 18 kHz | 50 dB | 40k | 2200 | 6 dB |
| Clevite (3) | TCF6-30D55A | 455 kHz | 30 kHz | 60 dB | 20k | 1000 | 5 dB |

**Figura 11.7** Diversos filtros comercializados en frecuencias normales. En caso de substitución deben tenerse en cuenta las impedancias de entrada y salida.

del amplificador de FI siguiente, determina el ruido total del receptor. Las etapas osciladora y multiplicadora que suministran la señal para la mezcla deberán estar lo más exentas posible de frecuencias espurias que pueden provocar batidos y nuevas señales compuestas, las cuales pueden entrar otra vez en el paso de entrada sintonizado o interferir la propia sintonía del receptor, además de aumentar el nivel de salida de ruido del mezclador. Diversos problemas de esta índole se solventan con circuitos trampa para armónicos no deseados; varios casos de señales compuestas se han eliminado con un circuito trampa en serie a la salida del multiplicador.

### 11.2.1 El amplificador de FI

La amplificación de FI, en el receptor del repetidor, generalmente es clásica, puesto que no necesita ningún dispositivo que lo diferencie de cualquier receptor de FM. Cuando el receptor capta una señal fuerte, el aparato se silencia, es decir, desaparece el ruido de fondo. La sensibilidad de cualquier receptor de FM debe ser tal que la señal de entrada requiera un nivel de 0,2 $\mu$V o menos para producir el silencio.

Es importante lograr una amplificación de FI exenta de ruido propio. Cualquiera que sea el circuito utilizado conviene emplear filtros de cristal para conseguir una buena selectividad. Cada marca de filtro tiene su propia impedancia característica de manera que, si se hacen substituciones, se tendrá en cuenta el cambio de los valores de adaptación. En la figura 11.7 están indicadas las características de los más usuales.

## 11.3 EL DETECTOR

La etapa detectora de FM la constituye generalmente el discriminador. Aunque existe una gran variedad de circuitos detectores de FM, últimamente han proliferado los circuitos integrados que realizan varias funciones y simplifican bastante el circuito, pero en la práctica es recomendable utilizar discriminadores clásicos en los receptores de repetidor, con el fin de reducir al mínimo el ruido. El discriminador es un circuito sintonizado en que una variación de la frecuencia de entrada provoca una variación de fase que produce un aumento de amplitud en uno de los lados del secundario, mientras que en el otro lado produce una disminución y la diferencia entre ambas tensiones variables después de la rectificación es la tensión de audio.

Es importante un buen ajuste del discriminador ya que así aumentará la calidad de audio de las señales repetidas y aparecerán con la misma potencia de audio. Para alinear bien es imprescindible utilizar un voltímetro con conmutador inversor o que tenga el cero en el centro de la escala. Se conecta el voltímetro a la salida del discriminador, estando aplicada a su entrada la señal de un generador de RF sintonizado a la frecuencia del receptor.

Variando el núcleo de la bobina se obtendrá una tensión cero, pero cuando la frecuencia se aleja de la central en sentido positivo unos 10 kHz, aparecerá en el voltímetro una tensión positiva mientras que el ajustarla en sentido contrario aparecerá una tensión negativa.

El primario del transformador debe ajustarse de manera que, por ejemplo, si existe una disminución de 5 kHz con respecto a la frecuencia central aparecen dos voltios positivos; en cambio un aumento de 5 kHz debe producir una tensión de dos voltios negativos. Los dos ajustes son interactivos, así que habrá que repetirlos algunas veces hasta que sean lo más simétricos posible. La figura 11.8 nos muestra la conexión para el ajuste.

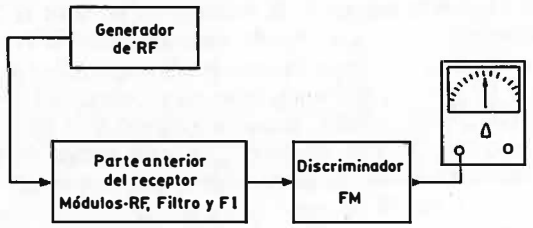



**Figura 11.8** El generador se sintoniza a la frecuencia de entrada del receptor. La frecuencia central debe ser cero en el voltímetro a válvula y el desplazamiento de frecuencia del generador debe ser simétrico en tensión positiva o negativa.

## 11.4 SILENCIADOR Y TAP

Del discriminador parten dos señales derivadas: una para el conmutador de la señal de audio, a fin de obtener, una vez amplificada, la señal audio que reproduce el altavoz monitor; otra para el silenciador, circuito compuesto por uno o varios pasos de amplificación. El ruido está básicamente generado por el discriminador, y su nivel se puede controlar con un potenciómetro (figura 11.9), que actúa sobre la sensibilidad del circuito activador, el cual conmuta y enmudece la entrada del amplificador de BF. En ausencia de señal, el circuito silenciador enmudece el amplificador de audio, disparando automáticamente el circuito conmutador. Cuando aparece una señal en la antena, el discriminador la envía directamente al circuito de BF.

Esta conmutación de la señal de BF para silenciar el ruido en ausencia de portadora también sirve para activar simultáneamente otro circuito que se denomina TAP (transmisor activado por portadora). Un relé o conmutador electrónico activa automáticamente al transmisor cuando aparece una portadora e inicia la función el repetidor.

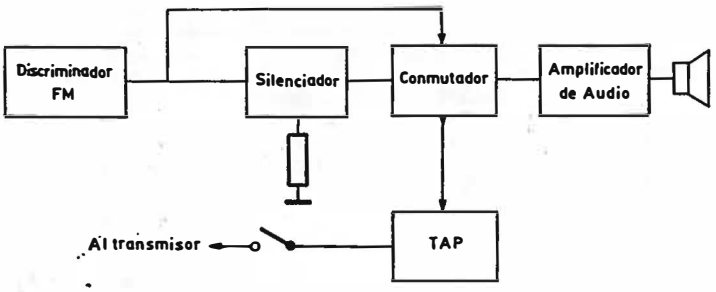



Figura 11.9 Diagrama del circuito silenciador y TAP (transmisor activado por portadora). El potenciómetro del silenciador actúa sobre la sensibilidad del conmutador disparando éste y conectando el audio, simultáneamente es activado el circuito TAP.

El amplificador de audio es un circuito ordinario de BF, pero no es aconsejable emplear en su diseño circuitos integrados porque ofrecen más seguridad los pasos finales de transistores comerciales de BF, en el aspecto de descargas atmosféricas.

## 11.5 EL TRANSMISOR

La figura 11.10 es el diagrama de bloques del transmisor. El primer circuito que genera la señal es el oscilador a cristal, y es necesario tenerlo muy en cuenta, ya que cualquier inestabilidad en él resulta multiplicada con la frecuencia. Tiene importancia su constitución mecánica y su disposición eléctrica, y conviene que esté alejado de partes que generan color para evitar cualquier desplazamiento de frecuencia por efecto térmico; especialmente los componentes que lo polarizan deben ser de absoluta fiabilidad.

Algunos circuitos modulan la frecuencia en este paso a base de aplicar tensión a un diodo varicap; cuando varía la amplitud de la frecuencia audio cambia la capacidad y éste hace que la frecuencia varíe por encima o por debajo de la frecuencia del cristal, produciendo de este modo la modulación de frecuencia; no obstante, es preferible que el oscilador cumpla solamente su función y que la modulación se efectúe en el siguiente paso tal como se describe en la figura 11.10.

La modulación de fase genera un cambio de la frecuencia instantánea durante el tiempo en que se desplaza la fase y el valor de la desviación es directamente proporcional a la frecuencia de la señal moduladora.

El amplificador separador sirve para la adaptación de impedancias entre pasos y recorte de las frecuencias armónicas no deseables; se trata, pues, de un acoplador de pasos y filtro a la vez, y suministra el paso multiplicador de frecuencia una señal exenta de frecuencias espurias.

El paso amplificador de potencia debe estar previsto de un filtro de paso bajo para mantener los niveles de armónicos y de señales espurias dentro de los límites establecidos; además debe estar provisto de un dispositivo protector para evitar que una posible subida de energía reflejada originada por una eventual avería física en cables, filtros o antena, destruya el transistor final de potencia.

## 11.6 ELEMENTOS ADICIONALES

Para reducir la desensibilización del receptor a causa de la proximidad del transmisor, a menudo se separan las dos antenas, transmisora y receptora, pero generalmente esto no da buenos resultados, pues el receptor continúa teniendo falta de sensibilidad. Estos problemas se solucionan de modo definitivo con el empleo de cavidades resonantes de las cuales existen varios tipos (figura 11.11). Se trata de un filtro de alto $Q$ para sintonía de paso de banda, es decir, sintonizado a la frecuencia del receptor, que solamente dará paso a ésta, rechazando las que estén por encima o por debajo de la frecuencia sintonizada. Con más de una cavidad se mejorará la selectividad del receptor (figura 11.12). También se emplean en el transmisor para impedir que se radien señales espurias que puedan interferir a otros servicios.

Otro tipo de cavidades son las que tienen un circuito trampa y están sintonizadas a la frecuencia de transmisión, colocadas a la entrada del receptor producirán una buena

Figura 11.11 Cavidades resonantes. Existen varios tipos y modelos.

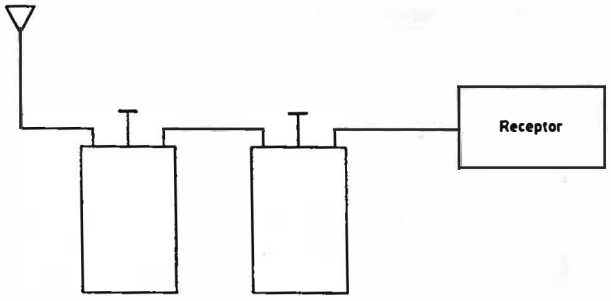



Figura 11.12 Más de una cavidad mejorará la selectividad del receptor.

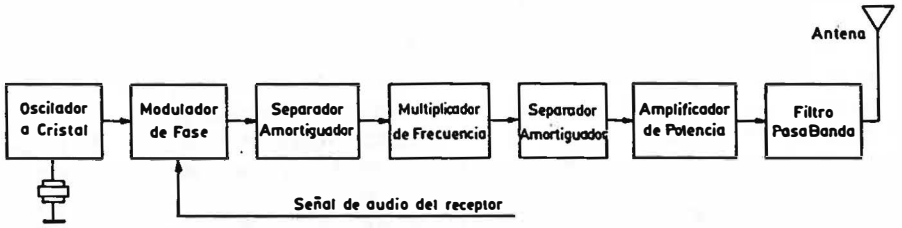



Figura 11.10 Este diagrama de transmisión es básico, pero existen diversas variantes particulares diseñadas por los fabricantes. La parte moduladora de fase o de frecuencia es la más modificada.

atenuación de la señal del transmisor, ya que esta señal caerá en la «trampa», dando paso a las demás señales hacia el receptor.

Si además de estas cavidades tipo trampa, disponemos delante del receptor de un paso de doble sintonía, es decir, un circuito trampa y otro de paso de banda, el efecto de rechazo se duplica.

El empleo de cavidades de doble sintonía ha hecho posible que, combinando varias, se pueda emitir y recibir con una sola antena. Al conjunto de estos bloques se les denomina duplexores y su montaje está ilustrado en la figura 11.13.

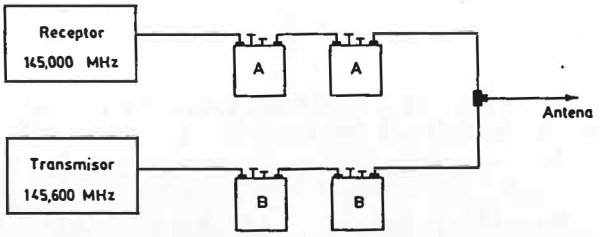



Figura 11.13 Conjunto duplexor de cuatro cavidades; las del tipo A delante del receptor están sintonizadas en su circuito trampa a la frecuencia del transmisor y su paso de banda a la frecuencia de recepción. Las del tipo B son de idénticas características que las A, pero su sintonía es la inversa, es decir, su circuito trampa está sintonizado a la frecuencia de recepción y su paso de banda a la frecuencia de transmisión.

## 11.7 ANTENAS

La antena es una parte muy importante en la instalación del repetidor ya que de ella depende en parte que la cobertura del mismo sea la proyectada; utilizando antenas apropiadas en cada caso, obtendremos los resultados esperados. El tipo más adecuado para coberturas en todas las direcciones es obvio que es el de las antenas «omnidireccionales»; normalmente la polarización utilizada es la vertical porque facilita la instalación de las antenas en los móviles.

Las antenas para repetidores deben reunir varias características importantes. En cuanto a sus propiedades físicas, la antena debe ser robusta, para soportar grandes vendavales en invierno cuando esté ubicada en un lugar montañoso donde la nieve y el hielo sean su principal enemigo debido a la formación de hielo en ella, lo cual aumenta la superficie que opone al viento y termina por partirse, de esto tienen mucha experiencia los mantenedores de repetidores de alta montaña.

En cuanto a sus características eléctricas, la antena debe estar cortocircuitada a tierra para descargar las corrientes estáticas o de chispas atmosféricas cercanas (figura 11.14).

Para cubrir distancias cortas en repetidores de ámbito local es preferible usar antenas de 1/4 de onda, como la de la figura 11.15, que, por ser pequeñas, son más consistentes que las antenas de ganancia.

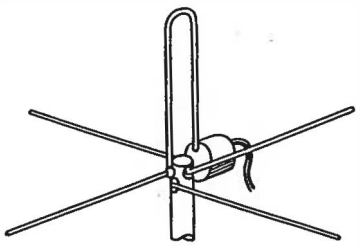


Figura 11.14 La antena debe estar cortocircuitada eléctricamente para descargar a tierra estáticos y atmosféricos.

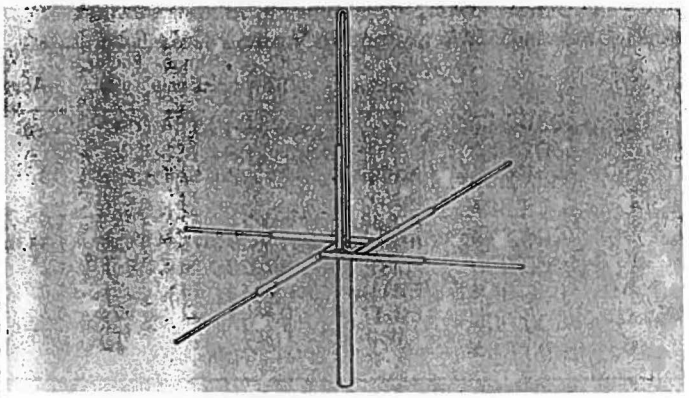


Figura 11.15 Antena de cuarto de onda.

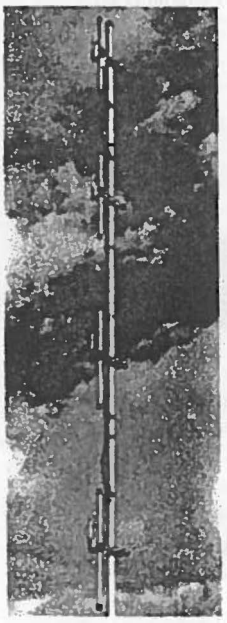


Figura 11.16 Formación de dipolos apilados.

Figura 11.17 Colineales apilados en un mástil.

La mayoría de los repetidores están diseñados para la máxima cobertura posible a grandes distancias; esto requiere que estén ubicados en un punto lo más elevado posible y el empleo de antenas de considerable ganancia. Los dos tipos más comunes son las formaciones de dipolos apilados (figura 11.16) y las colineales apiladas en un mástil (figura 11.17) que son dos buenas antenas para la larga distancia.

Debido a las pérdidas que introduce también tiene mucha importancia el tipo de línea de transmisión que se emplee en los repetidores hacia antenas. La figura 11.18 muestra la tabla de atenuación de distintos cables coaxiales.

Una solución cara, pero definitiva, de los problemas de alta montaña es el *igloo* (refugio de esquimales). En este armario se aloja todo repetidor, paneles solares para carga de baterías, cavidades, antena, etc. y está construido con fibra de vidrio; los hay comercializados; también se pueden construir con chapa, acondicionando interiormente con fibra de vidrio en rama o paneles de proxpan. La figura 11.19 muestra un prototipo de estos receptáculos fabricados por la firma Sinclair de EE.UU.

| Conductor | Diámetro | Impe-dancia | Factor veloc. | Atenuación en dB/MHz | | | | Potencia | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 50 | 144 | 220 | 420 | 50 | 144 | 220 | 420 |
| RG58 | 20 | 52,5 | 65,9 | 3 | 6 | 8 | 15 | 350 | 175 | 125 | 90 |
| RG59 | 22 | 73 | 65,9 | 2,3 | 4,2 | 5,5 | 8 | 500 | 250 | 180 | 125 |
| RG-8/U | 7/21 | 52 | 65,9 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 5 | 1500 | 800 | 650 | 400 |
| RG-11/U | 7/26 | 75 | 65,9 | 1,55 | 2,8 | 3,7 | 5 | 1500 | 800 | 650 | 400 |
| FM81 | 0,102" | 50 | 80 | 1,2 | 2,1 | 2,5 | 3,5 | 6000 | 3000 | 2500 | 1800 |
| FM112 | 0,64" | 75 | 80 | 1,0 | 1,7 | 2,1 | 3,2 | 6000 | 3000 | 2500 | 1800 |
| RG-17/U | 0,188" | 52 | 65,9 | 0,5 | 1 | 1,3 | 2,3 | 4500 | 2300 | 1800 | 1200 |
| AM5078PJ | 0,288" | 50 | 81 | 0,35 | 0,65 | 0,8 | 1,3 | 7000 | 4000 | 3000 | 2000 |

Figura 11.18 Tabla de atenuación de distintos cables coaxiales.

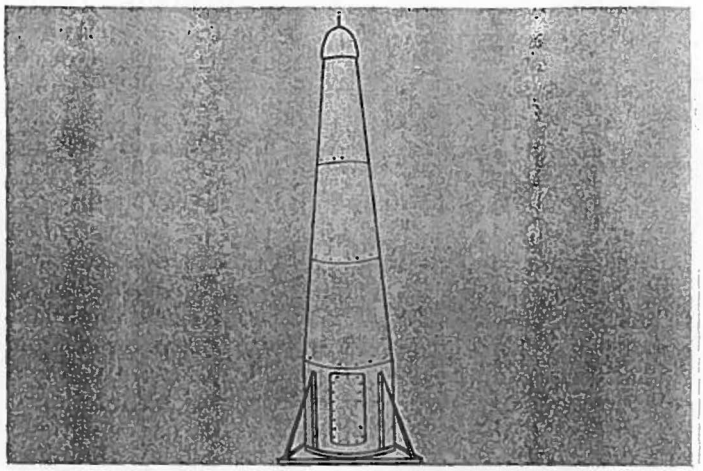


Figura 11.19 La solución definitiva es el «igloo».

## 11.8 REPETIDORES PARA LA BANDA DE 2 METROS (DESVIACION 600 kHz)

| *Entrada Repetidor banda de 144 MHz* | *Salida de Repetidor banda de 144 MHz* |
|---|---|
| R0 145.000 | 145.600 |
| R1 145.025 | 145.625 |
| R2 145.050 | 145.650 |
| R3 145.075 | 145.675 |
| R4 145.100 | 145.700 |
| R5 145.125 | 145.725 |
| R6 145.150 | 145.750 |
| R7 145.175 | 145.775 |
| R8 145.200 | 145.800 |
| R9 145.225 | 145.825 |

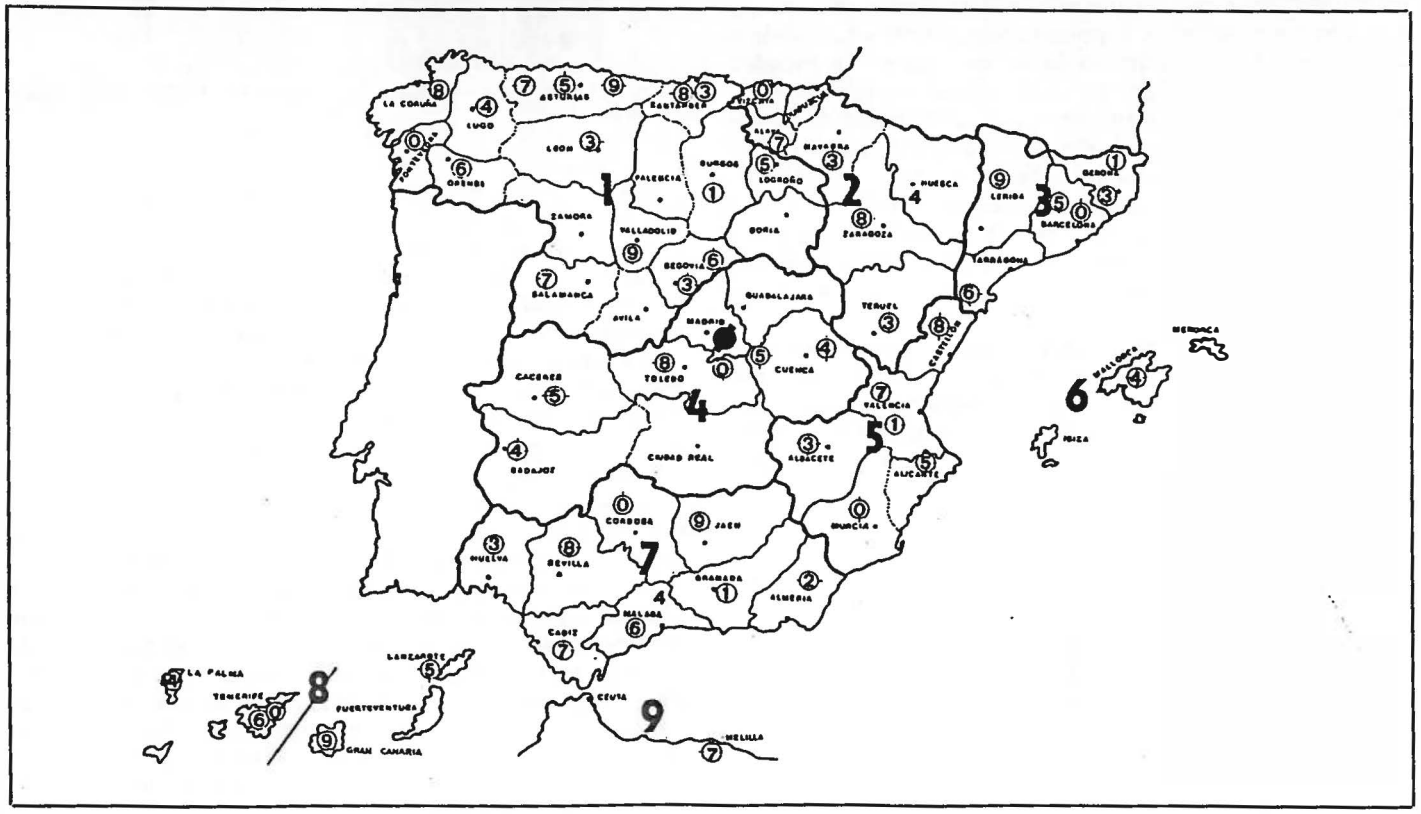



Figura 11.20 Plan nacional de ubicación de repetidores de VHF.

| *Entrada Repetidor banda 432. Desviación 1,6 MHz* | *Salida Repetidor banda 432. Desviación 1,6 MHz* | *Entrada Repetidor banda 432. Desviación 7,6* | *Salida Repetidor banda 432. Desviación 7,6* |
|---|---|---|---|
| RV0 433.000 | 434.600 | U68 431.000 | 438.600 |
| RV1 433.025 | 434.625 | U70 431.050 | 438.650 |
| RV2 433.050 | 434.650 | U72 431.100 | 438.700 |
| RV3 433.075 | 434.675 | U74 431.150 | 438.750 |
| RV4 433.100 | 434.700 | U76 431.200 | 438.800 |
| RV5 433.125 | 434.725 | U78 431.250 | 438.850 |
| RV6 433.150 | 434.750 | U80 431.300 | 438.900 |
| RV7 433.175 | 434.775 | U82 431.350 | 438.950 |
| RV8 433.200 | 434.800 | U84 431.400 | 439.000 |
| RV9 433.225 | 434.825 | U86 431.450 | 439.050 |

# 12 los computadores personales como ayuda al radioaficionado

*Jaime Planas*

## 12.1 ORIGEN DEL MICROPROCESADOR

Ya de épocas muy antiguas datan los primeros sistemas destinados a la ayuda al ser humano en las tareas del cálculo, pero recordemos que la primera máquina electromecánica diseñada para fines de cálculo fue desarrollada en la Universidad de Harvard, en el año 1944, y estaba formada por más de tres mil relés, con un peso de cinco toneladas. En el año 1950 se presentó el primer ordenador comercial de Univac. A continuación los ordenadores se montaron a base de transistores, y después ya con circuitos integrados; de esta manera durante 1959 y coincidiendo con la aparición de los primeros circuitos integrados de Texas Instruments y de Fairchild se concibe el NCR-GE 304.

Durante los años sesenta aparecen nuevos ordenadores. De Digital Equipment se dispone en este período del PDP1, PDP5 y PDP 8; continuando la evolución con la aparición de los miniordenadores.

Podemos comentar como dato histórico y resumiendo, que en 1936 se concebía en Europa la teoría de las calculadoras. En el 37 se aplicaba la idea del programa grabado o almacenado. En el 41 aparece el primer ordenador experimental de laboratorio, y en el 44 el primero ya operacional (Mark I de IBM). En el 46 aparece el primer sistema electrónico con programa almacenado en su interior. Y en el 50-51 aparece el comentado Univac I con el primer compilador, y se inicia el uso de cintas magnéticas para la lectura de los programas. Ya en el 53 se introducen las memorias magnéticas con toroides. En el 56 se emplea la coma flotante, y en el 58 se inicia la aparición de ordenadores equipados con transistores. En el 59 se aplican los circuitos integrados. En el 65 se utilizan las memorias a semiconductor. En 1966 la aparición de los circuitos integrados de gran escala de intergración (LSI) incrementa las posibilidades de miniaturización, y en el 67 se inicia la aparición de las memorias a burbujas magnéticas, cuya implantación práctica no ha sido tan rápida como se esperaba. En 1970 aparece la primera RAM de 1 Kbit y en el 71 se dispone de la primera EPROM, continuando con los circuitos de muy alta integración, y culminando con los microprocesadores concebidos para aplicaciones directas.

Figura 12.1 Aula infantil, utilizando los microprocesadores como medio educativo.

Durante estos años se ha mejorado la tecnología disponible, y de esta manera no sólo se ha avanzado en el software (programación), sino que las memorias magnéticas que estaban formadas por núcleos de ferrita, pasan a concentrarse en diminutos circuitos integrados, y de esta manera aparece el primer microprocesador en el año 1971: el 4004 de Intel, fue el precursor del tan conocido 8008, que después pasaría a ser el 8080, naturalmente con mejoras substanciales. Durante los años 1974 y 1975 aparecen el 6800 de Motorola, el Intersil IM6100, el IMP 16 de National y el COSMAC de RCA.

La «CPU» es la unidad central de proceso; la memoria «RAM» está destinada a almacenar la información variable y, generalmente, de una manera temporal; es un grupo de circuitos integrados, en más o menos cantidad según sea la capacidad de cada circuito integrado y la total deseada.

Otro elemento importante es la memoria «ROM» donde está almacenada la información invariable que, generalmente, sirve de soporte básico al trabajo del propio microprocesador; en alguna ocasión se ha llamado a los programas contenidos en la ROM «firmware». Algunos microprocesadores incorporan en el propio encapsulado la ROM y parte de la RAM, pero generalmente son circuitos integrados externos, y en el caso de la ROM se entregan programados de fábrica en la mayoría de casos.

## 12.2 APLICACIONES EN EL CAMPO DE LA RADIOAFICION

Generalmente, el término microprocesador da la impresión de un sistema muy elaborado cuyo uso sólo está justificado para controles, cálculos y memorizaciones complejas; en realidad es todo lo contrario, puesto que no solamente las cocinas, lavadoras o lavavajillas incorporan un microproce-

sador para establecer su programa de trabajo, sino que en nuestros equipos sintetizados existe un microprocesador encargado de suministrarnos la frecuencia estable y deseada, o de decodificarnos una señal de RTTY, por lo que posiblemente dispongamos de algún microprocesador más cerca de lo que creemos. En los siguientes subapartados nos dedicaremos al estudio y comentario de las aplicaciones del microprocesador en el campo de la radioafición.

### 12.2.1 El Morse, el RTTY y el microprocesador

Quizás uno de los campos en que el microprocesador ha demostrado su eficacia, es en las aplicaciones de aprendizaje, emisión y recepción de telegrafía, así como en el trabajo en radioteletipo. Varias son las soluciones que el mercado ofrece, desde los complejos equipos de la Hal, el Tono, el Microlog, el Robot, y otras soluciones que generalmente constan de un teclado, una pantalla, y el microprocesador, cuya circuitería interna decodifica y codifica las señales de CW y teletipo (tonos de audio) en carácteres que pueden ser leídos en la pantalla mencionada. También se emplean y con éxito los sistemas de ordenador personal, de uso general, pero que, a través del correspondiente programa y con la adecuada interconexión al transceptor de radio, nos permitirá trabajar en CW y RTTY. Otro método para trabajar en CW y RTTY basado en los microprocesadores, es el empleo de microprocesadores encapsulados conjuntamente con la memoria ROM, la cual dispone del programa grabado para la aplicación concreta de la CW o el RTTY. Este es el caso de Xitex, que ofrece al mercado un sistema con microprocesador programado, para su empleo directo en RTTY, ASCII y CW.

### 12.2.2 Satélites

En otro aspecto son importantes la codificación y la decodificación complejas de señales telemétricas que nos envían los satélites, gracias al empleo del microprocesador. Recordemos como dato curioso que el próximo satélite con fines de estudio de la propagación, el Oscar 9, lleva a bordo un RCA Cosmac 1802, que se encarga de toda la problemática de programar el envío de datos telemétricos para los estudios mencionados (véase capítulo 10).

### 12.2.3 Equipos emisores y receptores

Actualmente la mayoría de fabricantes de equipos transceptores para radioaficionados utilizan sistemas «PLL», controlados por un simple circuito integrado. Realmente se trata de un microprocesador de 4 bits, creado específicamente para estas funciones (Yaesu, Kenwood, Icom, KDK, etc.). En especial nos referimos a equipos para VHF y UHF, aunque muchos de HF también incorporan el control a microprocesador.

### 12.2.4 El radioaficionado y los microordenadores

En los últimos años la electrónica ha recibido un fuerte impulso de desarrollo tecnológico a través de la microelectrónica y los microprocesadores. Como consecuencia de ello se ha logrado la fabricación de circuitos integrados de gran capacidad de trabajo, y de tamaño y precio relativamente pequeños. Asimismo se ha conseguido aumentar la capacidad de memoria del circuito integrado, llegándose a varios miles de bits en memoria de un solo encapsulado.

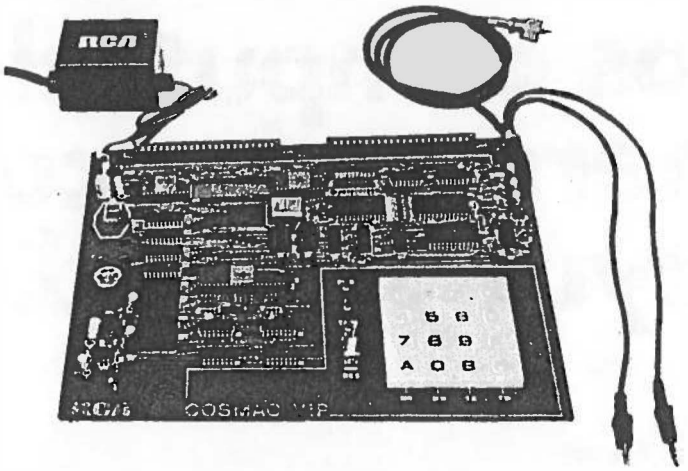



Figura 12.2 Sistema de microprocesador desarrollado por RCA, con el nombre de VIP, y que permite iniciarse en tales técnicas con el lenguaje máquina.

Todo ello ha potenciado extraordinariamente el mercado de los pequeños ordenadores de uso personal o microordenadores, de tal modo que en los próximos años su utilización va a significar una revolución en todos los aspectos de nuestra vida cotidiana. La producción en grandes series y el progreso de las tecnologías permiten, y van a permitir aún más en el futuro, la adquisición de microordenadores por parte de gran número de personas, ya que el precio de los mismos es realmente asequible a gran parte de las economías domésticas.

Los radioaficionados han sentido desde el primer instante un creciente interés por la experimentación con microprocesadores, y en particular por la aplicación de los mismos en los microordenadores. Como resultado de este trabajo han surgido ya varias aplicaciones concretas, tales como la recepción y transmisión de señales de telegrafía y teletipos. Sin embargo, las aplicaciones de los microordenadores a la radioafición pueden abarcar un campo tan amplio como el que va desde el cálculo de órbitas de satélite, hasta la confección del archivo de los QSO o el estudio estadístico de fenómenos de propagación.

Las aplicaciones actuales de los microordenadores a la radioafición son aún escasas, debido a que su aparición es relativamente reciente, y nos vamos a limitar a comentar las más interesantes o significativas, siendo conscientes de que aún queda un gran campo por explorar que dejamos a la iniciativa de nuestros lectores.

## 12.3 LA PROGRAMACION: SOFTWARE

El ordenador es una máquina muy compleja, diseñada para realizar con precisión y gran rapidez una serie de tareas y operaciones matemáticas. Es un trabajador enormemente seguro y eficiente pero carente por completo de iniciativa. Así pues, la persona que maneja un ordenador debe, en principio, irle diciendo en cada momento lo que debe hacer, paso a paso.

Para ilustrar esta falta de iniciativa, puede valer el siguiente ejemplo: a un obrero de la construcción, el capataz sólo debe decirle: «tráigame tres sacos de cemento rápido». Si en lugar de un obrero humano, tuviera que pedírselo a un ordenador, debería decirle poco más o menos:

«—Vete a la habitación de al lado

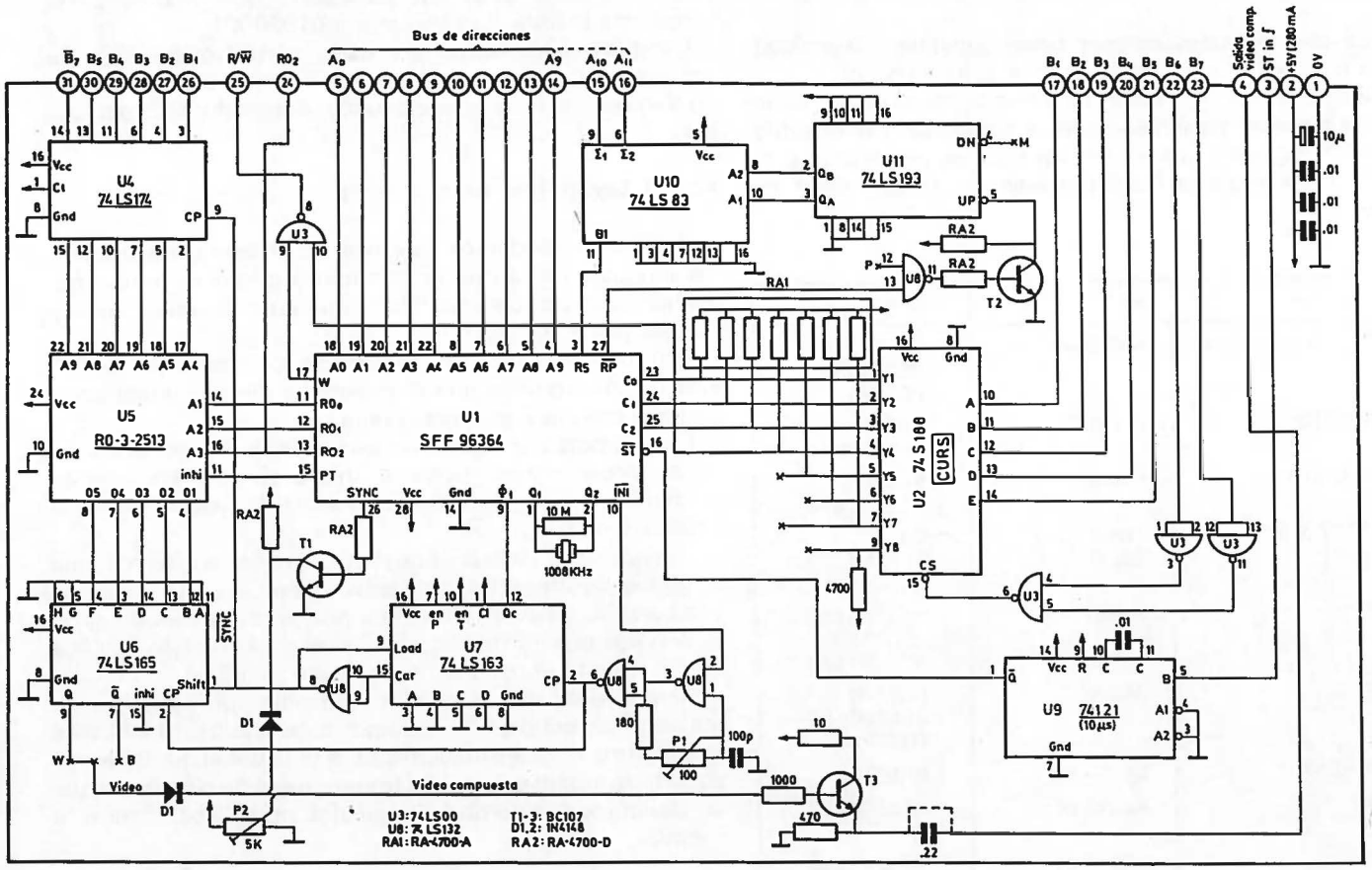



Figura 12.3 Circuito de control con el microprocesador programado por Sescosem, de visualización en pantalla de un monitor de video de señales en código ASCII.

—Mira si hay carretillas. Si no hay ven a decírmelo.
—Si hay carretillas, coge una
—Vete al almacén de cemento con la carretilla.
—Mira si hay sacos de cemento. Si no hay ven a decírmelo.

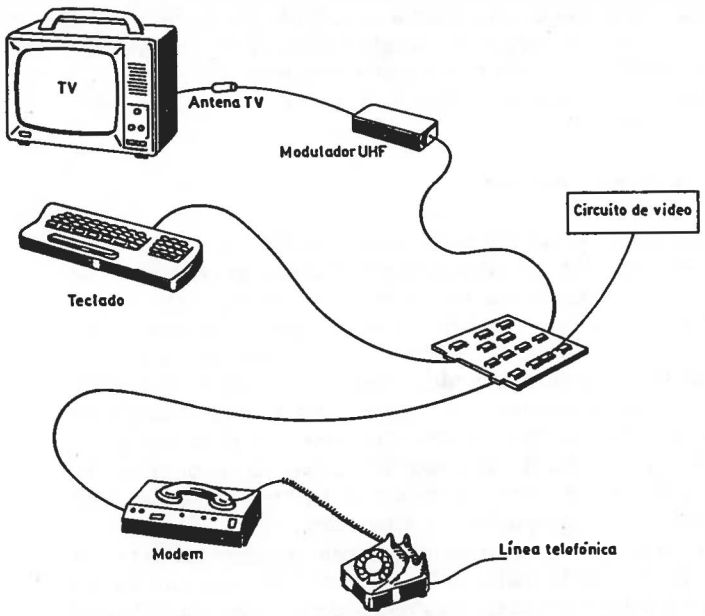



Figura 12.4 Montaje práctico del sistema Sescosem visto en la figura 12.3, para recibir señales a distancia.

—Si hay sacos de cemento, mira si los hay de cemento rápido.
—Si no hay, ven a decírmelo.
—Mira cuántos sacos de cemento rápido hay en el almacén.
—Si hay más de tres, pon tres en la carretilla, y tráemelos.
—Si hay tres o menos, ponlos en la carretilla, tráelos y avísame de que no queda ninguno en el almacén».

Como vemos, la falta de iniciativa del ordenador dificulta o hace muy laborioso el diálogo. De todas maneras, la ventaja substancial es que en este supuesto, el ordenador realizaría la tarea con gran rapidez y siguiendo fielmente las instrucciones recibidas, cosa que no siempre haría un humano.

El ordenador tiene la facultad de memorizar estas instrucciones y guardarlas, en ciertas condiciones, bajo un nombre o denominación determinados. Así el capataz le dice al ordenador que antes de efectuar el trabajo, memorice las instrucciones bajo el nombre de «SACOS»; cada vez que se le diga al ordenador # HAZ EL TRABAJO «SACOS» #, efectuará fielmente las instrucciones recibidas y almacenadas bajo el nombre de «SACOS».

Este conjunto de instrucciones que indican al ordenador lo que debe hacer en cada instante, recibe el nombre de *programa.*

Ya sabemos que denominamos programa al conjunto de instrucciones que damos al ordenador para que efectúe una tarea determinada; ahora hay que ver cómo deben darse estas instrucciones, es decir, en qué idioma o lenguaje deben dársele al ordenador para que éste las entienda.

Los ordenadores digitales, en su nivel más alto, solamente entienden el lenguaje binario, es decir un lenguaje en el

que únicamente intervienen dos signos; en este caso el 1 y el 0.

Cada uno de estos ceros y unos constituye la unidad básica o mínima de información y se denomina *bit*.

Una agrupación de un cierto número de ceros y unos tiene o puede tener un significado para el ordenador. Por ejemplo 01000001 significa la letra «A» en muchos ordenadores, el 10010111 puede significar, por ejemplo, la operación de sumar.

| Constructor | Modelo | Lenguaje |
|---|---|---|
| APPLE COMPUTERS | APPLE II | BASIC<br>ASSEMBLER<br>PASCAL |
| COMMODORE | PET 2001 | BASIC<br>ASSEMBLER |
| RADIO SHACK | TRS 80 | BASIC<br>ASSEMBLER |
| COMPUCORP | COMPUCORP 625 | BASIC<br>ASSEMBLER<br>FORTRAN |
| EXIDY | SORCERER | BASIC/COBOL<br>FORTRAN<br>ASSEMBLER |
| INTEL | SBC/80 | PL/M-80<br>ASSEMBLER<br>FORTRAN |
| LOGABAX | LX 500 | BASIC |
| MBC | ALCYANE | ASSEMBLER<br>BASIC |
| R2E | MICRAL | ASSEMBLER<br>BASIC<br>COBOL<br>FORTRAN |
| OCCITANE D'ELECTRONIQUE | SYSTEME X1 | BASIC<br>ASSEMBLER |
| ZILOG | MCZ-1 | BASIC<br>COBOL<br>FOTRAN<br>PL/Z |

Figura 12.5 Relación de algunos modelos de microprocesadores y sus correspondientes lenguajes empleados habitualmente.

### 12.3.1 Lenguaje máquina

Normalmente los microordenadores trabajan e identifican grupos de ocho bits; a estos grupos de ocho ceros y unos (8 bits) se les denomina *bytes*.

Como puede imaginarse fácilmente, escribir programas a base de que cada letra o instrucción deba representarse por uno o varios grupos de ocho unos y ceros, es una tarea muy laboriosa.

Los programas escritos tal como se ha mencionado se denominan *programas en código máquina*.

La ventaja de los programas en código máquina estriba en que son muy rápidos en la ejecución de las instrucciones y si están bien diseñados, es la forma más eficiente de programar un ordenador. Su principal incoveniente reside en la laboriosidad y complicación en el momento de escribirlo.

### 12.3.2 Lenguaje Assembler o Ensamblador

Un paso más avanzado sería representar cada grupo de signos (cada byte) con un símbolo (por ejemplo 01000001 lo representaríamos por la letra «A»). En este supuesto, el ordenador debe tener un dispositivo que cuando se le introduzca la letra A la traduzca a 01000001.

Un programa escrito en estas condiciones sería un programa en código máquina simbólico, también denominado a veces, no muy correctamente, Assembler o Ensamblador.

### 12.3.3 Lenguajes de alto nivel

Finalmente, podemos ir avanzando en esta simplificación del lenguaje hasta que un símbolo o grupo de letras (por ejemplo una palabra) signifique una serie de operaciones a realizar por el ordenador.

Así, por ejemplo, la instrucción de lenguaje BASIC «PRINT A» significa que el ordenador debe imprimir en la pantalla o en la impresora la letra A.

Para programar esta impresión en lenguaje máquina necesitamos varios bytes o instrucciones; en cambio mediante el lenguaje Basic, solamente necesitamos la palabra «PRINT».

A este tipo de lenguajes de programación se les denomina lenguajes de alto nivel, y se caracterizan en general porque son parecidos a un idioma «humano», normalmente al inglés. Obsérvese que la instrucción de Basic «PRINT» significa prácticamente lo mismo que en inglés: imprimir.

Hemos visto que cuando introducimos un programa en lenguaje simbólico, el ordenador debe traducirlo antes de ejecutarlo a lenguaje máquina, pues es el único que entiende cuando realiza el trabajo. En los lenguajes de alto nivel (que en definitiva son también lenguajes simbólicos) ocurre lo mismo.

### 12.3.4 Compilador

Según como se realice esta traducción, podemos dividir los lenguajes de programación en dos grandes grupos. La traducción puede realizarse una sola vez y antes de que el ordenador efectúe las tareas descritas en el programa, almacenando todo el programa traducido.

Una vez realizada esta traducción, el programa que tiene el ordenador almacenado es en realidad un programa en código máquina y, por tanto, de ejecución muy rápida.

La traducción del programa la realiza otro programa llamado *compilador*. A la operación de traducción se le llama *compilación* y al programa traducido, *programa compilado*. La mayoría de grandes ordenadores trabajan con este tipo de lenguajes; ejemplos típicos son el FORTRAN, ALGOL, COBOL, etc.

### 12.3.5 Interpretador

Otra forma de realizar esta traducción es que el ordenador vaya traduciendo las instrucciones inmediatamente antes de ejecutarlas. El programa se almacena de la misma forma que se ha escrito, y cuando el ordenador lo ejecuta va traduciendo las instrucciones a código máquina. Esta traducción la realiza un programa llamado *interpretador*. Como es lógico, la traducción requiere un tiempo. En la compilación se consume este tiempo solamente una vez al compilar el programa; después, cuando se utiliza el programa, el ordenador únicamente consume el tiempo necesario para ejecutar las instrucciones del programa.

En los programas que se interpretan, puesto que cada vez debe traducirse la instrucción, el tiempo de esta traducción se suma al del tiempo de ejecución, dando por resultado que un programa escrito en un lenguaje del tipo de compilador

resulta unas 100 veces más rápido que uno escrito en un lenguaje de interpretador. Además, los programas que deben ser interpretados pueden necesitar más memorias que los compilados.

La mayor ventaja (y quizá la única) de los lenguajes de interpretador sobre los demás es que son mucho más rápidos y más fáciles de detectar y corregir los posibles errores cometidos en la confección del programa y, en definitiva, que la programación se hace más cómoda. El lenguaje representativo de este tipo es el Basic.

### 12.3.6 Lenguaje Basic

Como hemos comentado, la sentencia PRINT equivale a la orden de «imprimir en pantalla...» En el caso concreto del Basic para CBM puede abreviarse dicha instrucción con sólo la impresión del signo de interrogación (?).

El sistema de edición varía según el método empleado, pero la mayoría de los sistemas medios a microprocesador permiten la edición de programas y su corrección por medios muy simples; en el caso del TRS80 existe una instrucción de inserción o corrección de una instrucción grabada; en el CBM bastará imprimir el texto a modificar sobre las anteriores instrucciones, o escribirla de nuevo.

Las instrucciones completas se enumeran siguiendo el orden de ejecución y, en general, se reservan algunos números de orden entre instrucciones para permitir la adición de nuevas instrucciones entre las anteriores.

Así, si deseáramos imprimir en la pantalla la frase «LA RADIO», solamente será necesario la siguiente instrucción:

```
10 CRL
20 PRINT «LA RADIO»
```

Al término de la escritura de cada instrucción será preciso pulsar el RETURN, que valida la instrucción y queda grabada en memoria. Para ejecutar el programa propuesto debemos teclear RUN, instrucción que ordena la ejecución del programa disponible en la memoria RAM del microordenador, y tras el RETURN correspondiente aparecerá en pantalla LA RADIO. También conseguiríamos el mismo efecto con la instrucción: 20 ? «LA RADIO».

Naturalmente el texto que deseamos imprimir literalmente debe enmarcarse entre comillas.

Si deseamos que aparezca impreso en vertical el mismo texto, nos limitaremos a escribir:

```
10 CLR
20 ? «L»
30 ? «A»
40 ? «R»
50 ? «A»
60 ? «D»
70 ? «I»
80 ? «O»
```

Al ejecutar este programa observaremos que en pantalla nos queda escrita LARADIO en sentido vertical y sin espacio entre LA y RADIO; para remediarlo podemos escribir a continuación la instrucción:

```
35 ?
```

De esta manera conseguiremos un salto de línea que nos separará en su sentido vertical el artículo del nombre. A la vez hemos comprobado que las instrucciones se ejecutan por orden del número asignado a cada una de ellas, y prescindiedo del orden en que han sido escritas o grabadas.

### 12.3.7 Algunas instrucciones del BASIC

Una de las sentencias muy usadas y simples en el Basic es el «GOTO», que indica un salto de la ejecución del programa a la instrucción indicada en el GOTO..., evitando el curso normal de ejecución de instrucción tras instrucción (salto incondicional). Así, si escribimos:

```
10 CRL (Pantalla)          20 ? «HOLA»
30 GOTO20
```

El programa nos imprimirá siempre la palabra HOLA, hasta que abordemos la ejecución del programa. Veamos: la instrucción CLR nos limpiará la pantalla de caracteres utilizados anteriormente, y la 20, dará orden de imprimir HOLA, y la 30 nos devuelve a la 20, volviendo a ejecutarla o sea imprimiendo otra vez HOLA, y así continuamente, hemos formado un «bucle» sin salida.

Otra sentencia muy generalizada es la que nos permite un salto o ramificación en función de una condición, o sea es el salto condicional. La sentencia se escribe así IF (condición) THEN (sentencia o número de línea). Ejemplo:

```
10 CLR
20 I=I+1
30 PRINT I
40 IF I=10 THEN 90
50 GOTO 20
90 END
```

En la sentencia 20 utilizamos una variable simple, que asignamos con la letra I, y cuyo valor puede variar en función de cada paso de ejecución del programa por la mencionada instrucción, que precisamente aumentará en uno el valor inicial de I; este aumento de valor será correlativo, puesto que en la 50 se nos obliga a un salto a la sentencia 20, hasta que se cumpla la igualdad de la instrucción 40, en que I habrá tomado el valor 10, y por tanto el salto se producirá ahora a la sentencia END de la línea 90.

No necesariamente debe darse la dirección de un salto en este tipo de instrucción, sino que puede escribirse una sentencia. Ejemplo: 40 IF I=10 THEN PRINT «la letra I ha tomado el valor DIEZ».

Otra manera de escribir esta sentencia, para saltos condicionales de línea es:

```
40 IF I=10 GOTO 90
```

Su ejecución no variará de la comentada anteriormente con el THEN.

### 12.3.8 Sentencias de Basic: READ (leer) y DATA (datos)

La instrucción READ, tal como indica, lee los datos que a su vez están en la sentencia DATA, ejemplo:

```
10 DATA 12, 15, 25, 35
20 READ A, B, C, D
30 PRINT A, B, C, D
```

Al ejecutar el programa del ejemplo obtendremos la impresión de los números separados por una coma en la sentencia 10, que corresponden a sendas lecturas de A-B-C-D. Naturalmente este es un ejemplo muy simplificado, puesto que generalmente la lectura de los DATA será de utilidad para incontables casos, por utilizar constantes tanto numéricas como alfanuméricas. Es preciso que las lecturas coincidan con la cantidad de datos disponibles en los DATA; si no es así el microordenador nos dará error. En algunos casos es preciso y útil recuperar y leer de nuevo unos datos

ya utilizados; entonces utilizaremos la sentencia RESTORE, que nos situará el puntero al principio de los DATA en el programa, permitiéndonos su lectura de nuevo.

### 12.3.9 Sentencias Basic de entrada de datos

Al hallar el Basic la instrucción INPUT nos preguntará con un interrogante (?) qué datos deseamos entrar al buffer de entrada del microordenador. Una vez impresos y tecleado el RETURN, estos valores formarán parte de las variables asignadas por el programa al INPUT mencionado. En un solo INPUT pueden intervenir varias variables; al introducirlas a través del teclado debemos separar los valores asignados a una y otra con la coma; en el caso de que el INPUT sea de varias variables y sólo introduzcamos una, el Basic insistirá con un doble interrogante (??) la falta de valores para completar el INPUT.

Naturalmente, el INPUT permite tanto la entrada de datos numéricos como de alfanuméricos; en los alfanuméricos debemos utilizar las asignaciones de variables seguidas del signo ($).

Otra sentencia de uso corriente para que el microprocesador tenga conocimiento de la introducción de algún carácter concreto por el teclado es la de GET.

### 12.3.10 Otras técnicas del Basic

En el caso de análisis, lectura y escritura de partes de una cadena (conjunto de caracteres ASCII) se utilizan tres funciones:

LEFT$ (A$, x) Nos extrae y lee solamente los «x» caracteres de la izquierda de la cadena A$.

RIGHT$ (A$,x) Nos permite leer y disponer solamente de los «x» últimos caracteres de la derecha de la cadena A$.

MID$ (A$,x,y) Leemos de los caracteres de la cadena A$,a partir de la posición «x» a partir de la izquierda, y de una longitud igual a «y».

Con la función LEN podemos determinar la longitud, o número de caracteres que forman una cadena; los caracteres invisibles (espacios, etc.) son contados por la función LEN.

Si disponemos de una cadena, cuyos caracteres son números que deseamos utilizar para el cálculo, deberemos transformar dicha cadena en un valor numérico, lo que se consigue con la función VAL, así:

```
10 PRINT VAL («123AB»).
```

Ejecutando la instrucción obtendremos el número 123.

Si el deseo es a la inversa, o sea el de convertir en cadena un valor numérico, utilizaremos el STR$. De esta manera el tratamiento de longitud y extración de una parte será fácil con las funciones comentadas anteriormente de MID$, LEFT$ y RIGHT$.

### 12.3.11 Subrutinas y «GOSUB RETURN»

Frecuentemente es necesario utilizar repetidas veces en un mismo programa una serie de instrucciones. A este grupo de instrucciones la llamamos SUBRUTINA, y en Basic se accede a la misma con un GOSUB. A diferencia del GOTO, el GOSUB memoriza la instrucción GOSUB que ha ordenado el salto a la subrutina, y al ejecutar la secuencia RETURN al final de la mencionada subrutina el programa continúa en la instrucción siguiente al GOSUB que motivó el salto.

### 12.3.12 Bucles FOR-NEXT

Si escribimos:

```
10 FOR I=1 TO 15
30 NEXT
```

Con la instrucción de la línea 10 que se complementa con el NEXT de la línea 30, formamos el llamado bucle, con el que se consigue que, a cada ejecución de la instrucción, I tome los valores consecutivos que van de 1 al 15, saliendo del bucle una vez conseguido que I sea igual a 15. Naturalmente, podemos iniciar el bucle con cualquier valor positivo, negativo o cero, y terminarlo en sentido creciente o decreciente, así como efectuando saltos entre sí, de cualquier valor preestablecido; para ello usaremos la adición de STEP; así por ejemplo:

```
10 FOR I=−10 to 100 STEP 5
30 NEXT
```

En este caso la I tomará los valores comprendidos entre el menos 10 y el 100, en saltos de 5 unidades: −10, −5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35,...

Para definir la instrucción, en los ejemplos anteriores hemos separado las palabras que forman el conjunto de la secuencia; en la práctica podemos escribirlas sin espaciados.

### 12.3.13 Otras funciones del Basic

Las funciones TI$ y TI se utilizan para la medida del tiempo. TI$ nos da el tiempo en horas, minutos y segundos, o sea «HHMMSS»; recordemos que se «resetean» dichos valores a cada apagado del microordenador.

El valor de PI, cuyo signo podemos introducir en cualquier instrucción, será valorado por el Basic como 3,14159265.

Asimismo el Basic realiza directamente las operaciones de seno (SIN), coseno (COS), tangente (TAN) y arco tangente (ATN).

Con la función INT conseguimos redondear al anterior número entero cualquier valor numérico con decimales.

El SGN nos entrega un 1 si el valor analizado es mayor que 0, un 0 si es 0, y un −1 si es menor que 0.

El signo de sumar es «+»; el de restar «−»; el de multiplicar es «*»; para dividir escribimos «/»; el de elevar a N potencia «↑»; y el de la raíz cuadrada SQR.

El exponente utiliza la expresión EXP, y el logaritmo en base e, LOG. Naturalmente el valor numérico sigue a las expresiones comentadas dentro de un paréntesis.

La función RND nos genera números aleatorios muy útiles para cálculos estadísticos y en juegos de azar. La función TAB sitúa el cursor en la posición deseada; y se parece a la tabulación mecanográfica; FRE(0) nos indica los Bytes disponibles en memoria RAM.

### 12.3.14

Si se dispone de un PET o CBM de Commodore, puede conseguirse que aparezcan en pantalla todos los caracteres de que se dispone ejecutando el siguiente programa:

```
10 FOR A=32768 TO 33767
20 POKE A, 32
30 NEXT A
40 B=32768
50 C=0
60 FOR A=0TO255
70 C=C+1
80 POKE B+2*A,A
```

```
10 PRINT"■■■■■■":forx=1to40:print"-";:next
12 PRINT"■  ■ ■  ■ ■ ■ ■  ■ "
13 PRINT"  ■ ■    ■ ■   ■ ■ ■  ■ ■"
14 PRINT"  ■ ■  ■ ■ ■ ■■  PROGRAMA RTTY"
15 PRINT"                ■"
16 PRINT"■COMPUTER USERS CLUB■":
17 PRINT"■":forx=1to40:print"-";:next
18 FORX=1TO4500:NEXT:OPEN4,4
20 PRINT"J":PRINTTAB(14)"■R T T Y■■■■":print"■ ■ programa de emision-recepcion
30 PRINT"■■■■■■■ ■ ■ para uso de radioaficionados"
35 PRINT"■■■■■■■■ ■ ■ ■ velocidades 60,65,70,75,100 ppm.
40 FORI=0TO9:A$(I)=" ":NEXT
45 O=1:TW=20:T=2:EI=8:BI=16:TH=3:FI=5:TR=13
50 A=634:J=634:R=635:E=31:Q=826:S=831:F=32:T1=827:T2=829
60 POKET1,118:POKET2,8:POKE59459,1:POKE0,0
100 DIMA$(64):FORI=33TO62:READA$(I):NEXT
110 A$(34)=CHR$(13):A$(36)=" ":A$(40)=CHR$(17)
115 A$(3)=CHR$(13):A$(5)=" ":A$(9)=CHR$(17):A$(18)=CHR$(32)
120 DATA.,+,0,-," ",H,W,A,I,.,L,R,G,I,P,C,V,E,Z,D,B,S,Y,F,X,A,W,J,,K,U,O,K
130 FORI=2TO31:READA$(I):NEXT
135 A$(3)=CHR$(13):A$(5)=" ":A$(9)=CHR$(17):A$(18)=CHR$(32)
160 DATA5,"=",9," ",+,-,*,/,(,),1,2,3,4,+,8,0,"'",":",3,',5,7,"",,&,!,/,-,2,'
170 DATA"",7,1,"("
200 DIMCX(60):FORI=1TO58:READCX(I):NEXT
205 DATA 54,49,37,50,56,43,58,62,41
207 DATA 37,43,38,56,39,55
210 DATA 45,61,57,48,42,33,53,60,44,35
220 DATA 46,47,63,46,59,51,36
230 DATA 56,51,46,50,48,54,43,37,44,58
240 DATA 62,41,39,34,35,45,61,42,52,33
250 DATA60,47,57,55,53,49
300 GOSUB30200:A=5:GOSUB30200:PRINT"38LISTO"
301 GOTO1000
400 FORI=1TO10:SYS(899):PRINTPEEK(828);:NEXT
410 GOTO400
1000 PRINT:PRINT"■EMISION■■"
1010 L=1:POKEP,63:SYS(S)
1050 GETB$:IFB$=""THEN1050
1055 IFB$="■"THEN1300
1060 GOSUB1102:GOTO1050
1100 REM SUB.CRACTERES EMISION
1102 IFB$<"A"ANDB$<>" "ANDL=1THENL=0:POKEP,59:SYS(S)
1103 IF(B$>"■"ORB$=" ")ANDL=0THENL=1:POKEP,63:SYS(S)
1104 PRINTB$;:IFB$="■"THEN20600
1105 IFB$=CHR$(13)THENPOKEP,34:SYS(S):POKEP,40:SYS(S):RETURN
1106 IFB$=" "THENPOKEP,36:SYS(S):RETURN
1108 IF(ASC(B$)<F)ORASC(B$)>92THENRETURN
1110 POKEP,CX(ASC(B$)-F):SYS(S):RETURN
1200 REM ABREV. ESPECIALES
1210 REM USADAS PARA MENSAJES GRABADOS
1220 REM USE 0-9 EN MENSAJES (EMISION)
1230 REM USE '↑' PARA OFF LTRS-ON-SPACE
1240 REM USE 'CURSOR ABAJO'PARA ON LTRS-ON-SPACE
1250 REM USE 'RVS' AL TERMINAR DE GRABAR MENSAJE Y PASAR A EMISION
1260 REM < GRABA CINTA.
1270 REM >ENVIA CINTA.
1280 REM T ENVIA LA HORA (TIS).
1300 GETB$:IFB$=""THEN1300
1305 IFB$="■"THEN20600
1310 IFB$>="0"ANDB$<="9"THEN1500
1320 IFB$="&"THEN1400
1330 IFB$="↑"THEN1600
1340 IFB$="■"then1650
1350 IFB$="T"THEN1900
1360 IFB$="Z"THEN1700
1390 GOTO1000
1400 REM RUTINA DE ENTRAR MENSAJES
1410 PRINT:INPUT"■entre el mensaje numero (0 - 9)";I
1420 IFI<0OORI>9THENPRINT"I":GOTO1410
1422 A$(I)="":PRINT"■antra mensaje ■";I;"■rint■ ■0use rvs el terminar":print
1430 GETA$:IFA$=""THEN1430
1435 PRINTA$;:IFASC(A$)=20THENTE$=A$(I):A$(I)=LEFT$(TE$,LEN(TE$)-1):GOTO1430
1440 IFA$="■"THENPRINT:PRINT"■ntrado■retorno a emision";:goto1000
1450 A$(I)=A$(I)+A$:GOTO1430
1500 REM ENVIA EL MENSAJE NUM.B$
1510 J=VAL(B$):LE=LEN(A$(J)):FORI=0TOLE:B$=MID$(A$(J),I,1)
1520 IFB$=CHR$(TW)THENA$="Y"
1530 GOSUB1100:NEXT:GOTO1050
1600 GOTO1000:REM AUN NO ES VALIDA
1650 GOTO1000:REM AUN NO ES VALIDA
1700 PRINT:INPUT"■entre velo. en ppm(60,65,70,75,100)";VPM
1710 IFVPM=60THENPOKE774,32:POKE800,42:GOTO1790
1720 IFVPM=65THENPOKE774,29:POKE800,39:GOTO1790
1725 IFVPM=70THENPOKE774,26:POKE800,36:GOTO1790
1730 IFVPM=75THENPOKE774,24:POKE800,33:GOTO1790
1740 IFVPM=100THENPOKE774,16:POKE800,25:GOTO1790
1750 GOTO1700
1790 PRINT"VELO. ACTUAL "VPM:GOTO1000
1900 A$="    LA HORA  ES ":FOR2=0TO5:I$=MID$(A$,Z,0):GOSUB1102:NEXT
1910 A$=LEFT$(TI$,T)+":"+MID$(TI$,TH,2)+FORZ=1TO5:B$=MID$(A$,Z,0):GOSUB1102
1920 NEXT:A$=" GMT ":FORZ=1TO5:B$=MID$(A$,Z,0):GOSUB1102:NEXT:GOTO1010
20000 GETA$:IFA$=""THEN20000
20010 PRINTA$,ASC(A$):GOTO20000
20600 PRINT:PRINT"■RECEPCION■":Z$=""
21000 SYS(R):PRINTA$(PEEK(P)-E■PEEK(0));
22000 GETB$:IFB$=""THEN21000
22100 GOTO1000
30000 H$=LEFT$(HEX$,1):GOSUB30100:DN=N:H$=RIGHT$(HEX$,1):GOSUB30100:ON=DN■16+N
30002 RETURN
30100 IFASC(H$)<64THEN30120
30110 N=ASC(H$)-55:RETURN
30120 N=VAL(H$):RETURN
30200 READHEX$:IFHEX$="END"THENRETURN
30210 GOSUB30000:POKEA,ON:A=A+1:GOTO30200
32000 DATA01,A9,01,8D,7A,02,AD,4F,E8,C9,FE,F0,0F,EA,EA,EA,EA,EA,38,B0,F1,EA
32010 DATA EA,EA,EA,EA,EA,EA
32020 DATA EA,EA,EA,EA,EA,20,1F,03,20,1F
32030 DATA 03,EA,EA,EA,A0,05,EA,18,AD,7A,02,18,EA,EA,60,7A,02,6D,7A,02,EA
32040 DATA 20,05,03,20,03,03,AD,3E,03,38,E9,FE,F0,07,EE
32050 DATA 7A,02,EA,EA,EA,EA,EA,EA
32060 DATA 88,9B,F0,12,20,05,03,EA,EA,EA,EA,EA,EA,EA,EA,EA
32070 DATA EA,EA,EA,38,B0,C4
32080 DATA EA,EA,EA,AD,7A,02,18,C9,38,EA,EA,D0,06
32090 DATAA9,01,8D,3A,03,60,AD,7A,02
32100 DATAC9,3F,D0,15,A9,00,8D
32110 DATA 3A,03,EA,EA,EA,60
32120 DATA A9,20,8D,49,E8,AD,49,E8,10
32130 DATA F8,60,40
32140 DATA AD,7A,02,C9,24,D0,05,A9,00,8D,3A,03,60,60
32150 DATA A9,2A,8D,49,E8,AD,49,E8,10,F8,60,03,10,F8,60,END
34000 DATA 0E,7A,02,0E,7A,02,0E,7A,02
34010 DATA A9,FF,8D,4F,E8,20,1F,03
34020 DATA 20,1F,03,A0,04,AD,7A,02
34030 DATA 0A,8D,7A,02,8D,8D,A9,FF,8D,4F,E8
34035 DATA 38,B0,05
34040 DATA A9,00,8D,4F,E8,20,1F,03,20,1F,03
34050 DATA 88,10,E1,A9,00,8D,4F,E8
34060 DATA 20,1F,03,20,1F,03,20,1F,03
34070 DATA 60
35000 DATAA2,04,A9,00,8D,3C,03
35010 DATA AD,4F,E8,C9,FE,00,03
35020 DATA EE,3C,03,A9,03,8D,49,E8
35030 DATA AD,49,E8,10,F8
35040 DATA CA,8A,10,E8,AD,3C,03,C9,02
35050 DATA 10,06,A9,EE,8D,3E,03,60,A9,FE,8D,3E,03,60
35060 DATAEND
50000 GETA$:IFA$=""THEN50000
50100 PRINTASC(A$):GOTO50000
READY.
```

Figura 12.6 Programa en Basic para teletipo y sistema PET 2001.

```
90 IF C=20 THEN C=0: B=B+40
100 NEXT A
110 POKE 59468,14
120 FOR A=1TO1000
130 NEXT A
140 POKE 59468, 12
150 FOR A=1TO1000
160 NEXT A
170 GOTO 110
```

La función POKE puede servir para almacenar una combinación de bits, en una determinada situación en la memoria. Y las combinaciones posibles con un byte (ocho bits) es de 256 diferentes disposiciones o caracteres, que son los máximos disponibles.

Con la ejecución del presente y corto programa obtendremos una lección práctica sobre el empleo de las mencionadas sentencias.

## 12.3.15 Teletipo (RTTY)

Una de las principales aplicaciones de los microprocesadores en el mundo de la radioafición es la recepción y transmisión de señales de teletipo, teleimpresora, cuya visualización se efectúa en pantalla. Para la recepción de teletipo con la ayuda de un microprocesador la señal debe ser previamente decodificada y situada a nivel TTL (5 V).

Igualmente, en la transmisión el microprocesador proporciona señales de nivel TTL que deberán ser inyectadas a un generador de FSK. Hay algunos equipos comerciales que de origen admiten ser controlados directamente por una señal TTL, o similar, con lo que no será necesario el modulador de AFSK o FSK. Puede ser necesario un adaptador de nivel o, mejor aún, un separador óptico.

El programa que se detalla (figura 12.6) está pensado para el popular microordenador PET 2001, de Commodore, aunque funciona con otros muchos tipos de microordenadores, siempre que utilicen el lenguaje Basic.

Las conexiones de las señales de entrada y salida deben efectuarse en el conector J2 (user port). La entrada se conectará en la patilla «D», la salida en la «C», y la masa en la patilla «A» (figura 12.7).

Figura 12.7 Conector del usuario del sistema Commodore.

Se ha comprobado que la presencia de la radiofrecuencia afecta a los terminales del microprocesador, por lo cual se recomienda utilizar cable blindado para las conexiones entre el microordenador y el decodificador, o equipo de HF. El blindaje que proporciona un cable coaxial normal de audio es suficiente.

El programa está pensado para cinco velocidades de emisión y recepción (60, 65, 70, 75, 100 p.p.m.). La usual entre radioaficionados es de 60 p.p.m.

Pueden grabarse diez mensajes (de 0 a 9) de cualquier longitud en las diez memorias dispuestas a tal efecto. Esta opción es útil para la emisión automática de mensajes fijos tales como CQ, QTH, condiciones de trabajo, etc. Los mensajes pueden ser reclamados en cualquier momento de la transmisión pulsando las teclas «CLR-HOME»; con «REV» pasa a recepción, y pulsando «HME» vuelve a transmisión.

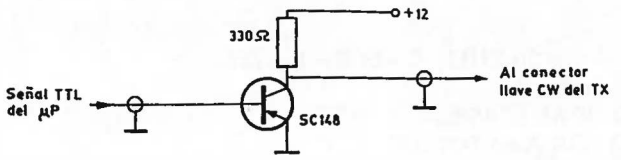



Figura 12.8 Circuito separador para controlar directamente con la señal del microprocesador un transmisor en CW.

### 12.3.16 Telegrafía (CW)

Otra de las aplicaciones de los microordenadores es la recepción y transmisión de señales de telegrafía. Se requieren las mismas condiciones que para la recepción de teletipo (señales a nivel TTL) y las conexiones de entrada y salida se efectúan en las mismas patillas del conector J2. El programa es similar al anterior y funciona de modo análogo.

Para la recepción, las señales pueden ser decodificadas por el mismo decodificador de RTTY, en cuyo caso la señal de CW (punto o raya) será equivalente a la marca de RTTY, y la ausencia de señal en CW será equivalente al espacio en RTTY.

Todo el sistema es muy sensible al QRM y al QSB. Para paliar el efecto del QRM es necesario intercalar una buena red de filtros activos entre el receptor y el decodificador. La incidencia del QSB es menor; sin embargo existen decodificadores con dispositivos especiales de memoria para atenuar el efecto del desvanecimiento de la señal (fading o QSB).

La señal que proporciona el microordenador substituye al manipulador de CW, y debe conectarse en el mismo lugar que éste. Sin embargo, la señal del microordenador es de nivel TTL y no es indicada para ser inyectada al transmisor de forma directa. Es necesario añadir un paso separador formado por un transistor trabajando como conmutador (figura 12.8).

### 12.3.17 Cálculo de la órbita de satélites

Aparte de las funciones de transmisión-recepción, los microordenadores pueden ser útiles en otras tareas de tipo auxiliar, tal como el cálculo de órbitas de satélites. El programa que se adjunta (fig. 12.9) está escrito en lenguaje Basic, y funciona en cualquier microordenador que utilice dicho lenguaje; el programa sirve para el cálculo de las órbitas de los satélites Oscar 7 y Oscar 8.

Los datos de referencia que deben introducirse son: número de la órbita de referencia, fecha (día-mes-año), hora (hora-minutos-segundos), longitud en grados y las fechas (A y B) entre las que se desea el cálculo de órbitas. A partir de estos datos el ordenador facilitará por pantalla o impresora (opcional) el número de órbitas, hora y longitud en grados y minutos de todas las órbitas correspondientes entre las fechas A y B. El programa efectúa el cálculo de los días que corresponden a cada mes, incluso teniendo en cuenta los años bisiestos.

### 12.3.18 Incorporación del sonido al ordenador

Muchos de los ordenadores de pequeño tamaño presentes en el mercado tienen la posibilidad de poder comandar un canal de sonido programable, con el cual se amplían mucho las posibilidades de acción del usuario. En particular, de cara al radioaficionado, es interesante la faceta del sonido para la confección de programas de entrenamiento para la recepción y emisión de telegrafía en código Morse, entre otras posibilidades.

En el microordenador PET 2001 el canal de sonido se encuentra en la patilla «M» del conector J2; la patilla «N» es masa (figura 12.7). La salida es de bajo nivel, por lo cual es necesario el uso de un amplificador de audio, aunque un solo paso es suficiente para activar a un altavoz normal de 8 ohmios (figura 12.10).

Para quienes tengan interés en la experimentación del sonido, aportamos unos datos necesarios para incluir sonido en los programas.

Las instrucciones POKE 59467,16 y POKE 59466,15 son imprescindibles al inicio del programa para la apertura del canal de sonido.

La instrucción POKE 59465,x (siendo x un valor numérico entero entre 0 y 255) permite variar el contenido de armónicos y por tanto el timbre del sonido.

```
20 PRINT"J"
22 INPUT"OSCAR (7/8) ";S$
24 IFS$="8"THEN210
26 IFS$="7"THEN240
28 GOTO22
30 INPUT"NO. ORB. REF.: ";OB
40 INPUT"DIA (--)   ";D
50 INPUT"MES (--)   ";M
60 INPUT"ANO (----) ";A
62 DD=D:MD=M:AD=A
64 GOSUB5200
66 IFY=1THEN40
70 PRINT
72 INPUT"HORA (--) ";HO
74 INPUT"MIN. (--) ";MI
76 INPUT"SEG. (--) ";SG
78 PRINT
80 INPUT"LONG. GRAD. ";LG
82 INPUT"ESTE/OESTE (E/W) ";LW$
84 PRINT"J"
86 PRINT"CALCULO ORBITA DE FECHA:"
90 INPUT"DIA (--)   ";DI
100 INPUT"MES (--)   ";MI
110 INPUT"ANO (----) ";AI
112 DD=DI:MD=MI:AD=AI
114 GOSUB5200
116 IFY=1THEN90
120 PRINT:PRINT"A FECHA:"
130 INPUT"DIA (--)   ";DF
140 INPUT"MES (--)   ";MF
150 INPUT"ANO (----) ";AF
152 DD=DF:MD=MF:AD=AF
154 GOSUB5200
156 IFY=1THEN90
160 PRINT:PRINT
170 INPUT"DATOS IMP./PANT. (I/P) ";A$
180 IFA$="I"THENDE=4:GOTO265
190 IFA$="P"THENDE=3:GOTO265
200 GOTO170
210 PE=103.23262#60
220 IH=25.808461
230 GOTO260
240 PE=114.94525#60
250 IH=28.737647
260 PRINT:PRINT:GOTO30
265 PRINT"J":OPENDE,DE
270 IFLH$="E"THENLG=180+(180-LG)
280 HO=(HO#3600)+(MI#60)+SG
285 DC=D:MC=M:AC=A
290 IFHO>86400THEN310
300 HO=HO+PE:LG=LO+IH:OB=OB+1:GOTO290
310 HO=HO-86400:LG=LG-360
320 GOSUB5100
330 IFDC=DITHEN332
331 GOTO290
332 IFMC=MITHEN334
333 GOTO290
334 IFAC=AITHEN340
335 GOTO290
340 PRINT#DE:PRINT#DE
350 Z9$="ORBITAS OSCAR "+S$+" "
360 D$=STR$(DC):D$=RIGHT$(D$,LEN(D$)-1)
370 IFLEN(D$)<2THEND$="0"+D$:GOTO370
380 M$=STR$(MC):M$=RIGHT$(M$,LEN(M$)-1)
390 IFLEN(M$)<2THENM$="0"+M$:GOTO390
400 A$=STR$(AC):A$=RIGHT$(A$,2)
410 Z9$=Z9$+D$+M$+A$
420 PRINT#DE,CHR$(1)Z9$:PRINT#DE
430 PRINT#DE,"H.OR.      HORA      LON."
435 PRINT#DE
436 IFHO>86400THEN620
440 OB$=STR$(OB):OB$=RIGHT$(OB$,LEN(OB$)-1)
450 IFLEN(OB$)<5THENOB$="0"+OB$:GOTO450
460 H=INT(HO/3600):H$=STR$(H):H$=RIGHT$(H$,2)
470 IFLEN(H$)<2THENH$="0"+H$:GOTO470
475 R=(HO-(H#3600))/60
480 M=INT(R):M$=STR$(M):M$=RIGHT$(M$,2)
500 IFLEN(M$)<2THENM$="0"+M$:GOTO500
510 S=INT((R#60)-(M#60)):SG$=STR$(S)
520 SG$=RIGHT$(SG$,2)
530 IFLEN(SG$)<2THENSG$="0"+SG$:GOTO530
540 Z$=OB$+" "+H$+"H"+M$+"M":LH$="W":LH=LG
545 IFLG>360THENLG=LG-360:LH=LG
555 LO$=STR$(INT(LH))
560 LO$=RIGHT$(LO$,LEN(LG$)-1)
570 IFLEN(LG$)<3THENLG$=CHR$(32)+LG$:GOTO570
590 Z$=Z$+SO$+"S  "+LO$+" "+LH$
590 PRINT#DE,Z$
600 HO=HO+PE:LO=LG+IH:OB=OB+1
605 IFLG>360THENLG=LG-360
610 GOTO436
620 HO=HO-86400
630 GOSUB5100
640 IFDC-1=DFTHEN643
641 IFDE=4THEN340
642 GOTO660
643 IFMC=MFTHEN645
644 GOTO660
645 IFAC=AFTHEN700
660 PRINT#DE
670 PRINT#DE,"PAUSA, PULSE TECLA"
680 GETZZ$:IFZZ$=""THEN680
690 PRINT"J":GOTO340
700 CLOSEDE,DE
710 PRINT:PRINT
720 PRINT"CALCULO TERMINADO":PRINT
730 INPUT"DESEA MAS CALCULOS (S/N) ";A$
740 IFA$="S"THEN20
750 PRINT"J":PRINT:END
5000 REM ANO BISIESTO - ENTRA AB
5010 IFINT(AB/4)#4<>ABTHENZ=0:RETURN
5020 Z=1:RETURN
5100 REM CALENDARIO - ENTRA Y SALE DC, MC, AC
5105 DC=DC+1
5110 IFDC<29THEN5130
5115 IFMC<2THEN5130
5120 AB=AC:GOSUB5000:IFZ=1THEN5145
5125 GOTO5155
5130 IFDC<30THEN5145
5135 IFMC<2THEN5145
5140 GOTO5155
5145 IFDC<31THEN5160
5150 IFMC=4ORMC=6ORMC=9ORMC=11THEN5155
5152 GOTO5160
5155 MC=MC+1:DC=1:GOTO5165
5160 IFDC>31THEN5155
5165 IFMC>12THENAC=AC+1:MC=1
5170 RETURN
5200 REM COMP. FECHA - ENTRA DD, MD, AD
5210 IFDD>31THEN5270
5220 IFMD>12THEN5270
5230 AB=AD:GOSUB5000
5240 IFZ=1ANDMD=2ANDDD>29THEN5270
5250 IFZ=0ANDMD=2ANDDD>28THEN5270
5255 IFAD<00ORDD<00ORMD<0THEN5270
5260 Y=0:RETURN
5270 Y=1:RETURN
READY.
```

Figura 12.9 Programa del cálculo de órbitas para los satélites Oscar 7 y 8, por EA3WZ.

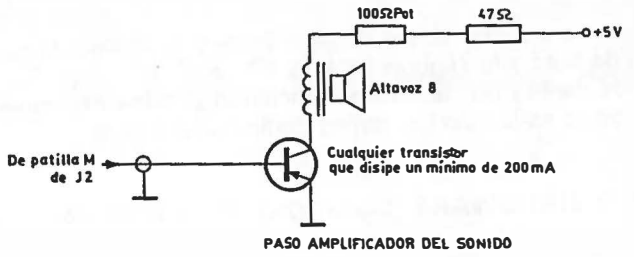



Figura 12.10 Sistema de audio empleado para disponer de sonido en el Commodore.

```
10 PRINT"PROGRAMA PARA EL CALCULO DEL CIRCUITO OSCILADOR CON EL C.I. 555"
30 PRINT"DESEA CALCULAR COMPONENTES O HALLAR LA FRECUENCIA DE SALIDA"
40 PRINT"QUE DESEA HALLAR 'C' O 'F' ?:"
50 INPUTA$
60 IFA$="C"GOTO110
70 IFA$="F"GOTO260
80 GOTO30
110 INPUT"CUAL ES LA FRECUENCIA DE OSCILACION ? :";F
120 INPUT"CUAL ES EL 'DUTY CYCLE' (MAS DEL 50 % ? :";D
130 IFD<=50GOTO120
140 IFD>100GOTO120
150 T1=1/F*D/100
160 T2=1/F-T1
170 INPUT"VALOR DE 'C' EN MICROF. ";C
180 R2=T2/(0.693*C/1000000)
190 R1=T1/(0.693*C/1000000)-R2
200 PRINT"RESISTENCIAS ENTRE +V Y PIN 7 ES ";R1;"OHMS
210 PRINT"RESISTENCIAS ENTRE PIN 7 Y 266";R2;"OHMS"
220 IFR1+R2>5000000THENPRINT"RESISTENCIAS DEMASIADO GRANDES"
230 GOTO170
260 INPUT"CAPACIDAD EN MICROFARADIOS ";C
270 INPUT"RES. ENTRE +V A PIN 7 (OHMS)";R1
280 INPUT"RES. ENTRE PIN 7 Y 266 ";R2
290 T1=0.693*C/1000000*(R1+R2)
300 T2=0.693*C/1D00000*R2
310 D=T1/(T1+T2) * 100
315 PRINTT1,T2
320 F=1/(T1+T2)
330 PRINT"TIEMPO EN SEGUNDOS CONECTADO";T1
340 PRINT"TIEMPO EN SEGUNDOS DESCONECTADO";T2
350 PRINT"DUTY CYCLE";D;"PERCENT"
360 PRINT"FRECUENCIA DE OSCILACION;"HZ"
READY.
```

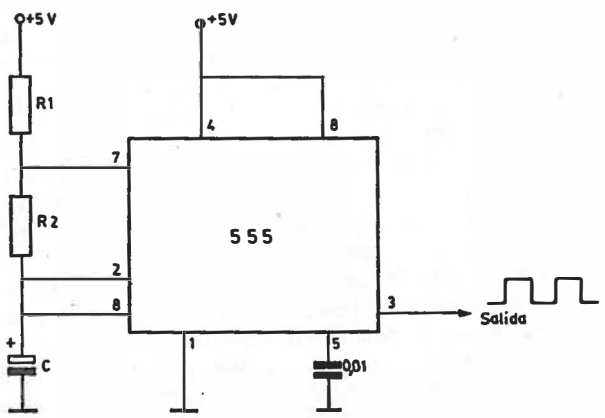



Figura 12.11 Programa y esquema, para el cálculo del circuito oscilador equipado con el CI temporizador NE555.

```
10 PRINT"CALCULO FILTRO ACTIVO PASA BAJO":PRINT:PRINT
40 INPUT"GANANCIA DEL PASO ?";H
50 INPUT"FRECUENCIA DE CORTE HZ ?";F   60
60 PRINT""
70 Z=0.707
80 INPUT"VALOR 'C2' EN MICROFARADIOS ?";C2
90 C2=C2/1000000
100 R2=Z/(2*3.14159*F*C2)
110 R3=R2/(H+1)
120 R1=R2/H
125 PRINTZ
130 C1=(1+H)*C2/Z/2
140 C1=C1*1000000
150 PRINT"R1 IS";R1;"OHMIOS"
160 PRINT"R2 IS";R2;"OHMIOS"
170 PRINT"R3 IS";R3;"OHMIOS"
180 PRINT"C1 IS";C1;"MICROFARADIOS"
190 GOTO80
READY.

CALCULO FILTRO ACTIVO PASA BAJO

GANANCIA DEL PASO ? 5
FRECUENCIA DE CORTE HZ ? 1000

VALOR 'C2' EN MICROFARADIOS ? .1
 .707
R1 IS 225.04528 OHMIOS
R2 IS 1125.2264 OHMIOS
R3 IS 187.537733 OHMIOS
C1 IS .424328147 MICROFARADIOS
VALOR 'C2' EN MICROFARADIOS ? .01
 .707
R1 IS 2250.4528 OHMIOS
R2 IS 11252.264 OHMIOS
R3 IS 1875.37733 OHMIOS
C1 IS .0424328147 MICROFARADIOS
VALOR 'C2' EN MICROFARADIOS ? .5
 .707
R1 IS 45.0090559 OHMIOS
R2 IS 225.04528 OHMIOS
R3 IS 37.5075466 OHMIOS
C1 IS 2.12164074 MICROFARADIOS
VALOR 'C2' EN MICROFARADIOS ? 0
```

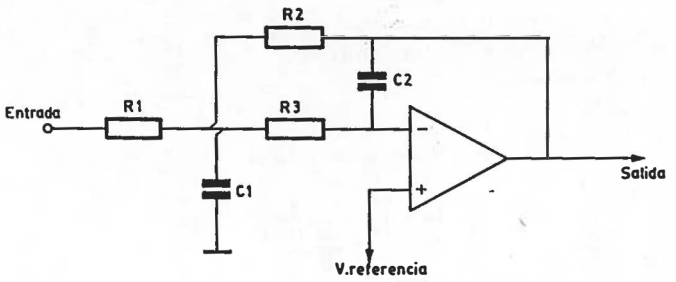



Figura 12.12 Programa, resultados y circuito para el cálculo de valores del filtro activo de paso bajo.

La instrucción POKE 59464,x permite variar la frecuencia de la señal de audio. Esta es la instrucción más interesante ya que permite obtener 255 notas distintas. Cuando el valor x es 0, la señal no es audible, y aumentando dicho valor hasta 255 obtendremos notas de frecuencia cada vez más baja. Existe una fórmula para calcular los valores de x, que corresponden a la escala musical (30 notas correspondientes a dos octavas y media). Para ello debe ejecutarse la siguiente secuencia de instrucciones:

```
DIM T(29): FOR X=0TO29: T(X)=INT(257/2(X/12)-1.5): NEXT X
```

En este caso T(0) corresponde al DO de la primera octava, T(12) al DO de la segunda octava y T(24) al DO de la tercera octava.

La experimentación del sonido puede comprender desde la incorporación de tonos a las señales de telegrafía, hasta la confección de melodías musicales o de voz sintetizada.

### 12.3.19 Cálculo de distancias

Esta es una aplicación más de tipo auxiliar en la que, conocidos los QTH Locator de dos estaciones, el programa calcula la distancia para la confección de listas en los concursos de VHF y UHF. Por otro lado, existen muchas versiones de programas sobre este tema, aplicables a todo tipo de ordenadores existentes en el mercado.

Existe también la versión de cálculo de QTH Locator, a partir de las coordenadas geográficas y viceversa.

### 12.3.20 Cálculos varios

Una de las aplicaciones más simples del microordenador son los cálculos científicos y repetitivos, puesto que la programación estriba simplemente en la aplicación de la correspondiente fórmula y algunas instrucciones de entrada y salida de datos.

Como ejemplos típicos de lo comentado anteriormente detallamos el programa para el cálculo del circuito oscilador con el CI 555 (fig. 12.11) y los programas para el cálculo de valores de un filtro activo de paso bajo, y asimismo de un filtro de paso alto (figuras 12.12 y 12.13).

Ellos darán idea de con qué facilidad pueden realizarse programas aplicando las correspondientes fórmulas.

```
30 PRINT"CALCOLO FILTRO ACTIVO PASA ALTO":PRINT:PRINT
40 INPUT"GANANCIA DEL PASO      ";H
50 INPUT"FRECUENCIA DE CORTE HZ.";F
70 Z=0.707
80 INPUT"VALOR C2 EN MICROFARADIOS";C2
90 C2=C2/1000000
100 R1=(2*H+1)/(4*3.14159*Z*F*C2)
110 R2=Z/(3.14159*F*C2*(2+1/H))
120 C1=C2/H
130 C1=C1*1000000
140 PRINT"R1 IS";R1;"OHMIOS"
150 PRINT"R2 IS";R2;"OHMIOS"
160 PRINT"C1 IS";C1;"MICROFARADIOS"
170 GOTO80
READY.

          CALCULO FILTRO ACTIVO PASA ALTO

          GANANCIA DEL PASO       5
          FRECUENCIA DE CORTE HZ. 1000
          VALOR C2 EN MICROFARADIOS .1
          R1 IS 12381.2295 OHMIOS
          R2 IS 1022.93309 OHMIOS
          C1 IS .02 MICROFARADIOS
          VALOR C2 EN MICROFARADIO

                                  S .01
          R1 IS 123812.295 OHMIOS
          R2 IS 10229.3309 OHMIOS
          C1 IS 2E-03 MICROFARADIOS
          VALOR C2 EN MICROFARADIO

                                  S 1
          R1 IS 1238.12295 OHMIOS
          R2 IS 102.293309 OHMIOS
          C1 IS .2 MICROFARADIOS
          VALOR C2 EN MICROFARADIO

                                  S
```

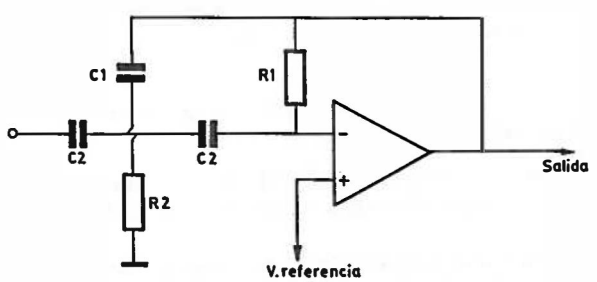



Figura 12.13 Programa, resultados y esquema empleados en el cálculo del filtro activo de paso bajo.

## 12.4 EL HARDWARE (COMPONENTES FISICOS)

El microprocesador debe sus cualidades de coste, tamaño y eficacia, a las cualidades de sus componentes y a la aparición de los circuitos integrados de alta integración (LSI y GSI). La fabricación de los mismos se basa en sistemas microfotográficos aplicados sobre una oblea de silicio y, a similitud de la confección de circuitos impresos, mediante sistemas de emulsión sensible a la luz, polimerizando las partes expuestas a la luz, y después atacando a las partes no polimerizadas. De este modo se consigue abrir ventanas de un tipo de material (N), en la capa inferior (P). Con sucesivos tratamientos, inyección de impurezas y óxidos se conseguirá un conjunto de «chips» que una vez cortados y separados, pasarán a la fase de prueba correspondiente, a encapsulado y a la soldadura de los terminales en los correspondientes puntos del «chip» (figura 12.14).

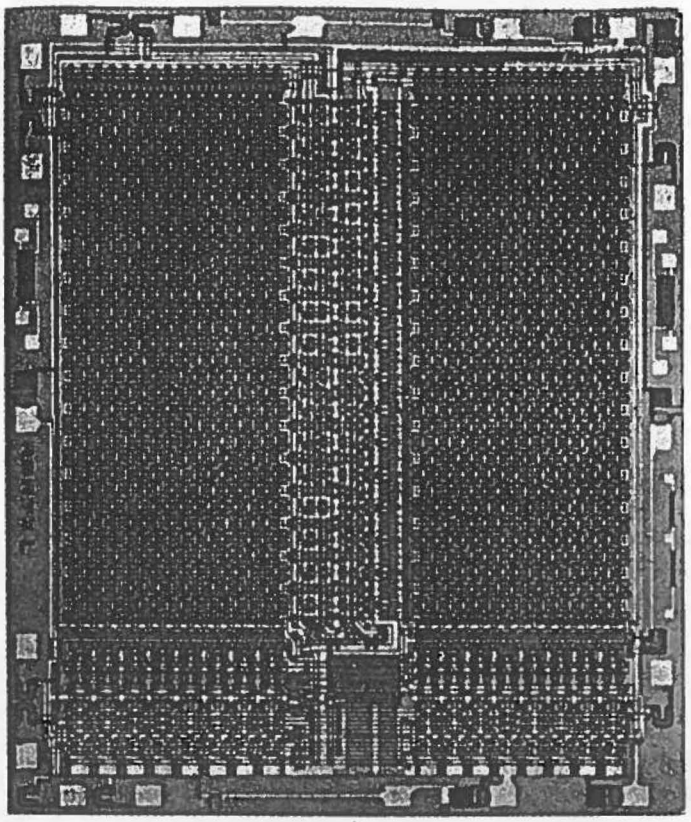
Lo comentado es sólo una idea del método empleado en los diversos sistemas de fabricación de circuitos integrados y transistores, variando el número y estilo de las operaciones mencionadas según el sistema de fabricación de los chips. Asimismo, según el sistema utilizado, también se obtienen más o menos «chips» por centímetro cuadrado de silicio. También, en función del procedimiento empleado, conseguiremos unas cualidades de consumo, calidad porcentual, frecuencia de trabajo y posibilidades de aumentar la integración por superficie.

### 12.4.1 Memorias

Básicamente existen tres tipos de memorias aplicadas al sistema del microprocesador; uno de ellos las destinadas a memorizar en intervalos muy cortos de tiempo la información y, generalmente, sólo usadas para las redes de comunicación, entradas y salidas.

La memoria central consta generalmente de la ROM, memoria fija que contiene el sistema operativo y, en algunos casos, el interpretador u otros programas del sistema, consiguiéndose así una facilidad del manejo del microordenador por disponer del sistema operativo y del lenguaje de trabajo siempre cargados una vez conectado el microcomputador, evitándose la tarea de carga del correspondiente «disquette» (o disco flexible). Generalmente, estas memorias son circuitos integrados tipo ROM (sólo de lectura), por lo que solamente deberán cambiarse los mismos si se desea mejorar o alterar el sistema operativo o el lenguaje utilizado. Formando parte de la memoria central disponemos de la RAM, memoria donde realmente se almacenan aquellos datos susceptibles de alterarse, programas del usuario, datos del programa, subrutinas y rutinas. Asimismo en la mayoría de microprocesadores se emplea una zona de la RAM para almacenar los datos que aparecen en pantalla.

La RAM está formada físicamente por circuitos integrados denominados genéricamente de «acceso aleatorio», o sea que permiten ser escritos y leídos. Existen circuitos de éstos que mantienen la memoria mientras reciben una tensión de alimentación constante, aunque actualmente se fabrican circuitos integrados que, con sólo 3 microvatios/hora, permiten el almacenamiento de miles de bits (RAM estática). Por otra parte los hay que sólo precisan unos impulsos a



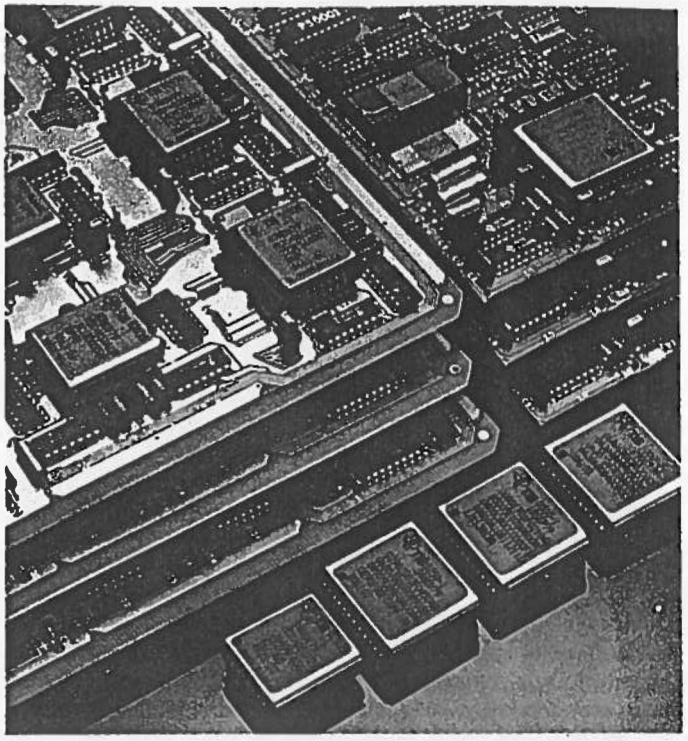


Figura 12.15 Muestras de placas con memorias de burbujas magnéticas de Texas Instruments.

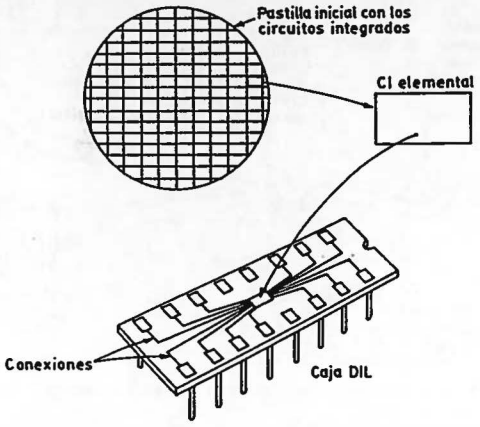



Figura 12.14 Estructura interior de una RAM, y detalle del proceso de montaje de los «chips» en el interior de un encapsulado DIL.

intervalos consecutivos (RAM dinámica). Actualmente se fabrican RAM dinámicas con una capacidad de 64.000 bits.

Aparte de las memorias comentadas, son usuales las EPROM, que se pueden programar eléctricamente por el usuario y borrar con luz ultravioleta; las hay que incluso son borrables eléctricamente.

Actualmente se habla mucho de las memorias CCD y de burbujas magnéticas que, digamos de paso, mantienen la memoria aún sin ser alimentadas con corriente, pero sus características aún no las han hecho utilizables en los sistemas normales de microprocesador.

### 12.4.2 Configuraciones

Quizás el camino más directo al estudio del microprocesador sea a través del sistema básico montado sobre una sola placa de circuito impreso, que generalmente incluye el teclado, el microprocesador, la ROM, la RAM, y generalmente una conexión para cassette, para periféricos, y salida de video para su conexión a un monitor o televisor estándar. Inicialmente algunas placas estaban previstas para ser programadas con lenguaje máquina (El VIP de RCA, el SC/MP de National, etc.). El utilizar este tipo de montajes nos permite acceder muy directamente al sistema, con lo que el conocimiento del microprocesador es muy superior que en otros montajes, pero la programación resulta

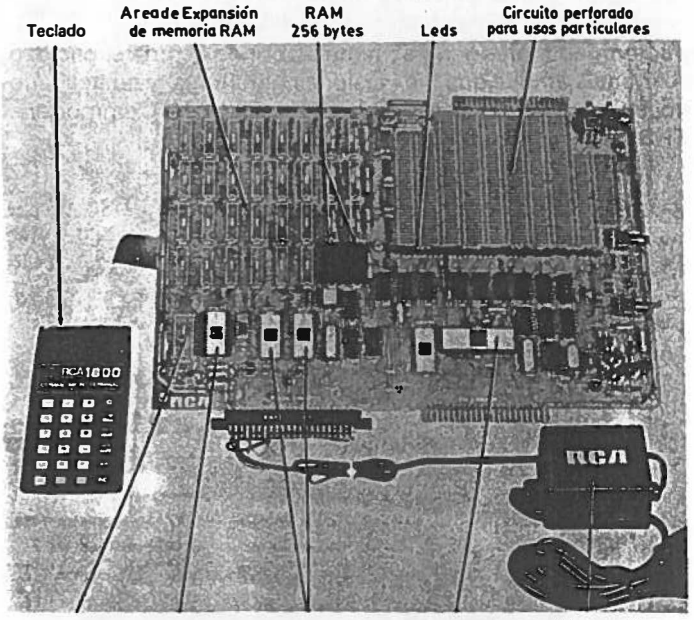



Figura 12.16 Placa conteniendo la totalidad de componentes necesarios para que trabaje correctamente el microprocesador de bajo consumo de RCA 1802. Programación en lenguaje máquina.

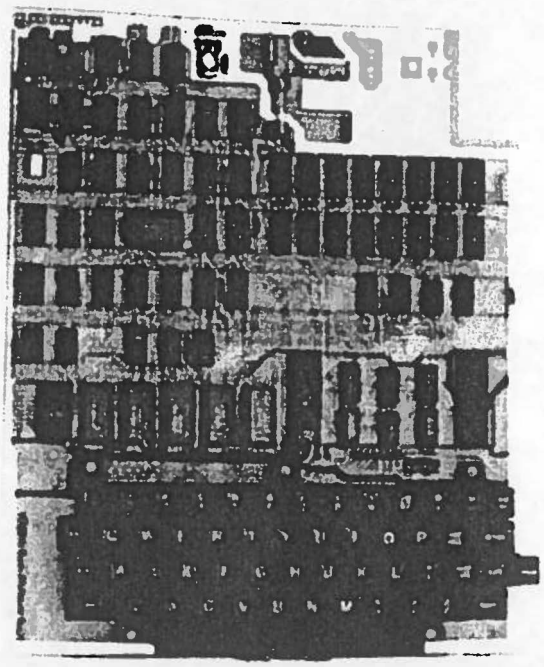


Figura 12.17 Ejemplo del sistema Ohio, en una sola placa de circuito impreso, conteniendo los elementos necesarios para trabajar en Basic, teclado incluido, 4 K de RAM y salida en video para conectar al monitor de TV.

mucho más compleja y lenta que al utilizar sistemas que dispongan de un lenguaje de alto nivel, tal como el Basic.

Utilizando el Basic como lenguaje habitual, en sus variadas versiones, se dispone de otra serie de sistemas montados en una sola placa de circuito impreso, que permiten introducirse en el campo de los micros por el ágil camino de la programación en Basic, y con unos dispendios mínimos (Ohio-Superboard, VIC de Commodore, AIM65 de Rockwell, Powertran, Sinclair, etc.)

Ya como gama superior disponemos de sistemas más completos, con alimentación, pantalla, caja, teclado, conexión directa a cassette, disquettes, impresoras, etc. Estos microordenadores generalmente disponen de una capacidad RAM más amplia que las versiones anteriores, y su acabado acostumbra a estar más resuelto. (Apple, CBM-Commodore, TRS-80 Tandy, etc.).

Figura 12.18 Sistema de Tandy.

Aparte de las aplicaciones en la radioafición comentemos que en el campo industrial destacan ya las aplicaciones en instrumentación, control de robots, adquisición de datos, sistemas de prueba, centralizaciones, etc. En el aspecto comercial destacan las destinadas a comunicación, telefonía, telex y transmisión de información codificada, medicina, gestión comercial, sistemas de seguridad, etc. Y en el aspecto doméstico ya no sólo se controlan nuestras estaciones de radio por un microprocesador en lo que concierne a la frecuencia, sino que los modernos televisores incorporan un microprocesador para programar en su totalidad el TV doméstico, el teletex, o periódico en nuestro televisor, los juegos, el aprendizaje o práctica de una lengua con los microprocesadores parlantes (voz sintetizada), controles de la calefacción, aire acondicionado, cocinas, teléfonos con memoria, control de niveles. Y en el coche los controles de velocidad, consumo, mezcla e inyección.

### 12.4.3 Aplicaciones particulares del Mostek MK3870

Se trata de un circuito microprocesador que en un solo encapsulado con cuarenta patillas incorpora la unidad central de control (CPU), 2048 bytes de ROM, 64 bytes de RAM, con un consumo de 275 mW y una alimentación única de 5 voltios.

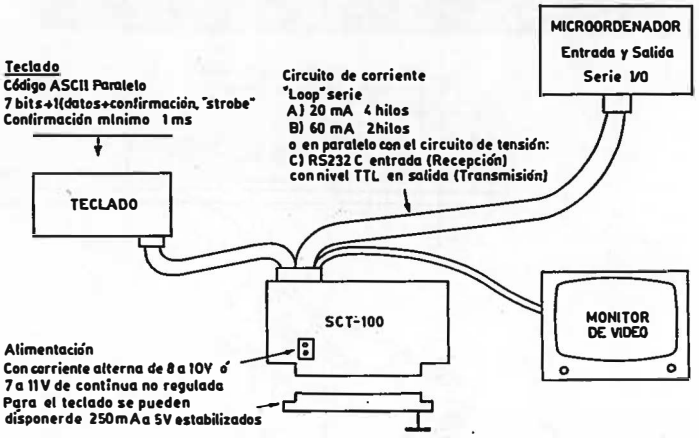



Figura 12.19 Sistema de conexión por bloques del sistema basado en el MK3870, como terminal.

Está construido en base MOS y trabaja con un total de 70 instrucciones código máquina. La ROM se sirve grabada en fábrica y la aplicación debe ser prevista por el programa grabado en ROM. Una aplicación que se ha concebido con este circuito microprocesador ha sido la diseñada por Xitex para la codificación y decodificación del código Baudot y ASCII, a las velocidades en uso de los radioaficionados. La entrada de señal en paralelo puede efectuarse en ASCII (teclado) y la entrada y salida serie en ASCII (110 y 300 baudios) o Baudot (45,45 y 74,2 baudios). Para las comunicaciones pueden emplearse los circuitos de corriente (loops) de 20 mA o 60 mA así como el EIA o RS232 (con alguna variación posible en la transmisión) y el TTL.

Este microprocesador, junto con una circuitería externa, así como la memoria necesaria, permite ver en la pantalla de un monitor de TV o televisión modificada, las señales transmitidas o recibidas por los sistemas comentados; en pantalla presenta 16 líneas, con 64 caracteres por línea. Asimismo dispone de una serie de controles ideales para el trabajo en RTTY, o para su uso como simple terminal.

Otra aplicación del mencionado MK3870 ha sido la de decodificador de señales Morse a ASCII o Baudot. Con esta aplicación, el propio programa procura un barrido de las velocidades de transmisión del corresponsal constantemente, por lo que el sincronismo a su velocidad es casi constante; naturalmente nos decodifica el Morse en ASCII o Baudot según la posición de un conmutador y de la misma manera programaremos la velocidad del ASCII o Baudot empleado, así como la longitud de línea, etc. En transmisión dispone de un Buffer o memoria que nos almacena hasta 32 caracteres; la velocidad de emisión en Morse es programable, y permite trabajar con cualquier tipo de terminal de ASCII o Baudot.

El robot 800 es otro sistema basado en el microprocesador y cuya aplicación ha sido muy bien definida: la de recibir, emitir, codificar y decodificar señales de Morse o teletipo en ASCII y Baudot, así como generar mensajes en televisión de barrido lento. Físicamente se trata del teclado cuya caja soporte alberga la circuitería comentada. Es necesario el uso de un monitor externo.

El Tono 7000 E, de fabricación japonesa, está basado en el principio del microprocesador e incorpora el teclado, con la memoria para mensajes repetitivos, el decodificador y codificador de AFSK. Al igual que el anterior, permite disponer en la pantalla del monitor o televisor de los mensajes recibidos o transmitidos en Morse o teletipo (ASCII y Baudot). Asimismo puede conectarse una impresora para disponer de los mensajes o contactos efectuados escritos sobre papel, condición útil para el control de contactos en RTTY para concursos.

El Microlog, al igual que los anteriores, permite trabajar en Morse y RTTY en ambas modalidades y ser programado, así como disponer de programas y mensajes en el cassette correspondiente. También permite emitir y recibir en televisión de barrido lento. Entrega en la pantalla del monitor 24 líneas de 40 caracteres por línea.

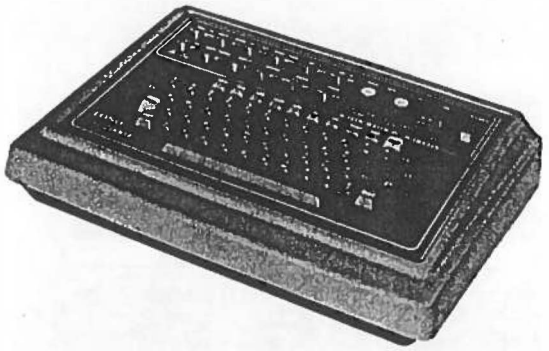


Figura 12.21 Sistema de TTY y Morse de la marca Tono.

### 12.4.4 Periféricos: Impresoras

En los microordenadores de aplicación general existen una multitud de periféricos o accesorios que permiten infinidad de aplicaciones. Quizás para nosotros el más importante sea la impresora, puesto que permite disponer de información escrita. Aparentemente parece que cualquier impresora puede conectarse directamente a cualquier sistema microordenador de que dispongamos, pero en la realidad no es tan fácil, e incluso en el caso de que se disponga del correspondiente «interface» o adaptador del sistema de comunicación, puede ocurrir que en alguna aplicación tengamos problemas por la distinta manera de estar programados algunos caracteres especiales o de mando (salto de línea, de página, gráficos, etc.).

Al adquirir una impresora, lo ideal es que sea la aconsejada por el fabricante o distribuidor, a la vez que debe conocerse exactamente lo que deseamos obtener y con que programas trabajaremos con el sistema.

Debemos distinguir varios sistemas de impresión; los más comunes son los de agujas percutoras, de margarita, y de

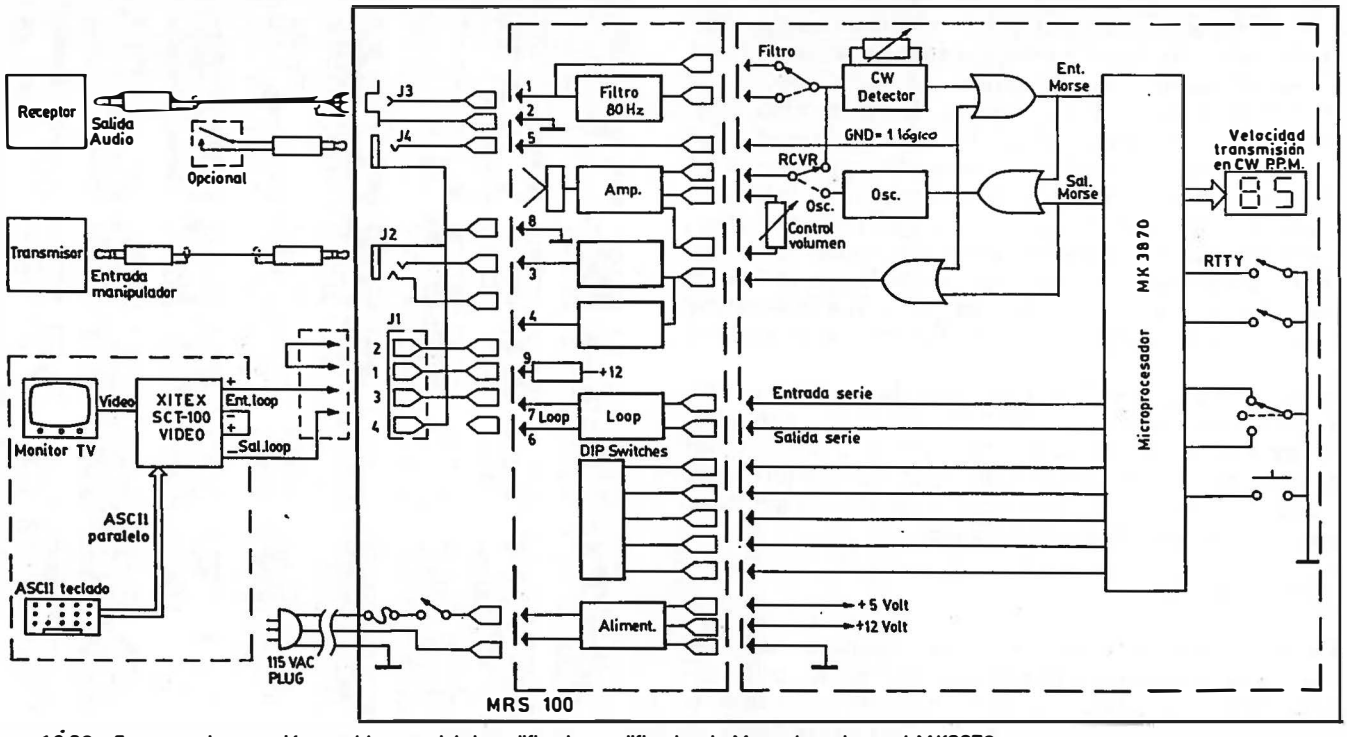



Figura 12.20 Esquema de conexión por bloques del decodificador-codificador de Morse basado en el MK3870.

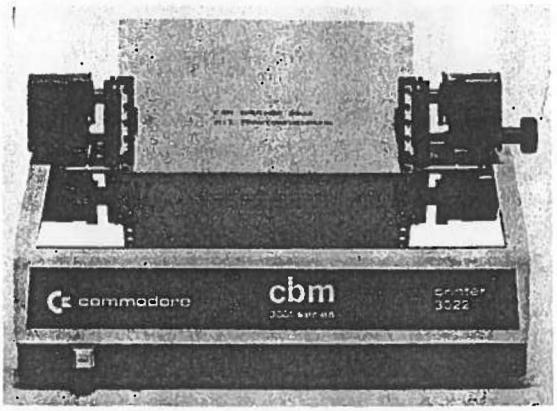



Figura 12.22 Típica impresora de 80 columnas y con impresión por agujas.

bola. La máxima velocidad se consigue con los primeros en los que un conjunto de electroimanes presionan a unas agujas que, martilleando sobre la cinta, imprimen una componente vertical de lo que será el caracter impreso; naturalmente, repitiendo unas 5, 7 o 9 veces en sentido horizontal la impresión correcta, obtendremos la letra, número o signo deseado. La composición o número de martillos (agujas) varía según la calidad deseada, y se comprende que con más puntos impresos por carácter mejor será la calidad de impresión.

En cuanto a las impresoras de margarita se fundan en una especie de disco formado por tantos «pétalos» como letras deseemos disponer, girando sobre sí, y enfrente de la cinta de impresión. Dando un golpe en el pétalo correspondiente a la letra a imprimir, conseguimos que la misma quede impresa al igual que lo haría en la máquina de escribir normal el pulso de la palanca correspondiente sobre la cinta. La velocidad de las impresoras a margarita está limitada por el proceso de selección del carácter a escribir, pero dan una calidad excepcional y permiten el cambio de caracteres variando solamente de margarita. El caso de la máquina a bola es similar al de margarita, con la diferencia que se trata de una bola con los caracteres impresos y con doble movimiento, permitiendo el martilleo de cualquiera de los carácteres de la misma sobre la cinta. Con el cambio de la bola se consigue asimismo el cambio de tipo de letra.

Aparte de las impresoras comentadas anteriormente podemos adaptar a nuestro microprocesador cualquier máquina de escribir eléctrica, pero si antes comentábamos los problemas de interpretación en las impresoras normales, es de esperar que sean aún más restringidas las posibilidades de la máquina de escribir eléctrica, a la que deberemos incorporar un complejo sistema de interconexión electrónica.

Al escoger una impresora, aparte del sistema de transmisión de la información (serie RS232C, paralelo Centronics, etc.), es importante conocer el número de columnas por línea, máxima y mínima anchura de papel, número de copias que permite, si es o no bidireccional, velocidad de escritura, aparte de otros complementos técnicos.

### 12.4.5 Cassettes

En la mayoría de casos se utilizan aparatos cassettes normales, pero puede ocurrir que para mejorar las posibilidades del sistema se utilicen tipos de cassette expresamente preparados para recibir órdenes desde el microordenador, de marcha y paro del mismo.

Asimismo, existen dos modelos normalizados de sistemas de audio en la grabación de datos digitales en el cassette; uno es el llamado Kansas, empleado en los Ohio. En la mayoría de casos no son compatibles en lectura los cassettes de una marca y otra, excepto en el caso de que los sistemas estén basados en el mismo método de grabación y codificación. (Son compatibles los programas en cassette entre el TRS80 y el Video Genie). Pueden controlarse por audio las señales grabadas en el cassette; generalmente existe un tiempo de espera o inicio al principio, y una señal de fin. De no grabarse o leerse correctamente estas dos señales, el programa será difícilmente recuperable.

Algunos sistemas disponen de volumen automático, otros precisan de un control de volumen, en especial aquéllos que utilizan un cassette estándar.

El cassette es útil para la grabación de programas no muy extensos; también es utilizado como sistema memorizador de datos, pero es muy lenta su búsqueda, e incluso su

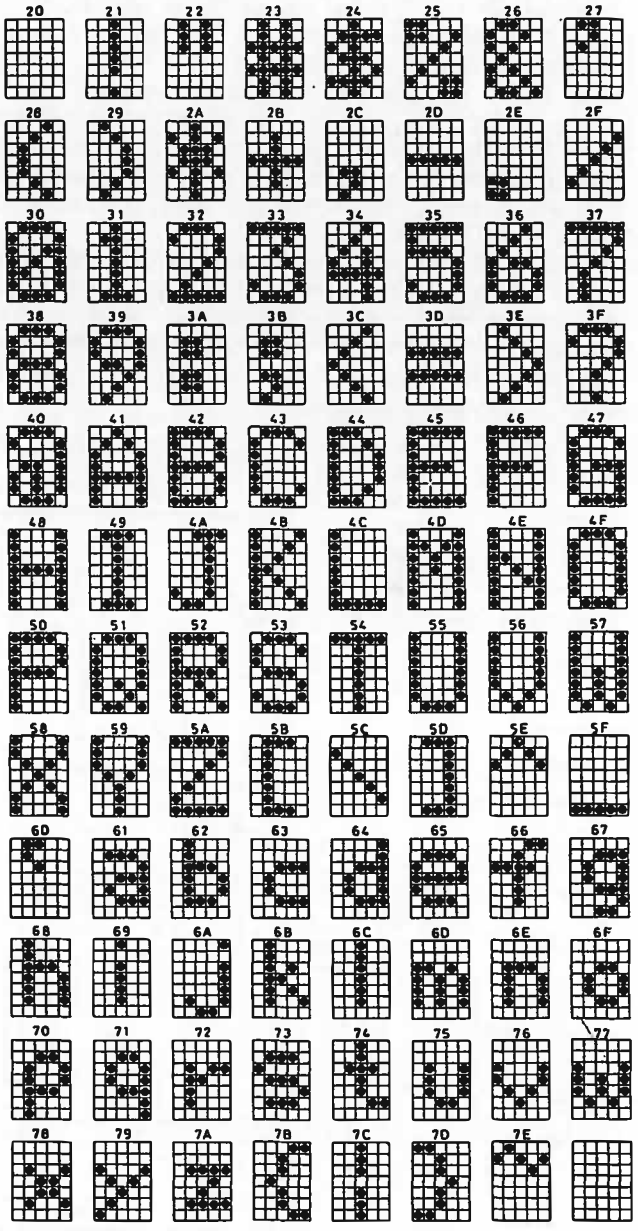



Figura 12.23 Detalle de la composición de algunos caracteres en la impresora de la figura 12.22.

grabación y lectura. Por ello la tendencia actual es la aplicación de los disquettes. Digamos que el cassette queda relegado a las aplicaciones elementales.

La copia de programas entre cassettes se realiza efectuando la lectura de los programas a copiar y uno a uno grabándolos en el cassette nuevo o virgen. También se han efectuado copias por el sistema directo de audio con buenos resultados.

### 12.4.6 Disquettes o discos flexibles

En los microprocesadores se emplean generalmente los disquettes flexibles de cinco pulgadas y cuarto de diámetro, aunque en algunos sistemas se emplean los de ocho pulgadas de diámetro, e incluso se utilizan los discos rígidos con capacidades superiores a los cinco megabytes.

El disco flexible es de un material magnético similar a la cinta del cassette y dispone de un agujero central por donde se le hace girar en el interior de su protección integral, un encapsulado cuadrado, con los orificios necesarios para la lectura o escritura en el mismo, así como una muesca que permite su grabación o la imposibilita en el caso de estar tapada por un pequeño precinto adhesivo.

En el interior del soporte de disquettes (drive), el disco flexible es accionado en su movimiento giratorio por un motor, y el cabezal lector o grabador (similar a los cabezales de un magnetófono) es controlado por otro motor paso a paso; el cabezal lee o graba en círculos concéntricos la información. La función del motor paso a paso es la de acceder al círculo o pista, la cual está subdividida en sectores, y éstos en bloques. De esta manera el acceso directo a cada bloque permite una enorme rapidez de búsqueda de datos, imposible en el caso del cassette.

El disco flexible de ocho pulgadas se basa en el mismo procedimiento, con la circunstancia curiosa que actualmente algunos sistemas basados en el disco flexible de cinco pulgadas han superado en capacidad a algunas versiones clásicas del de ocho pulgadas.

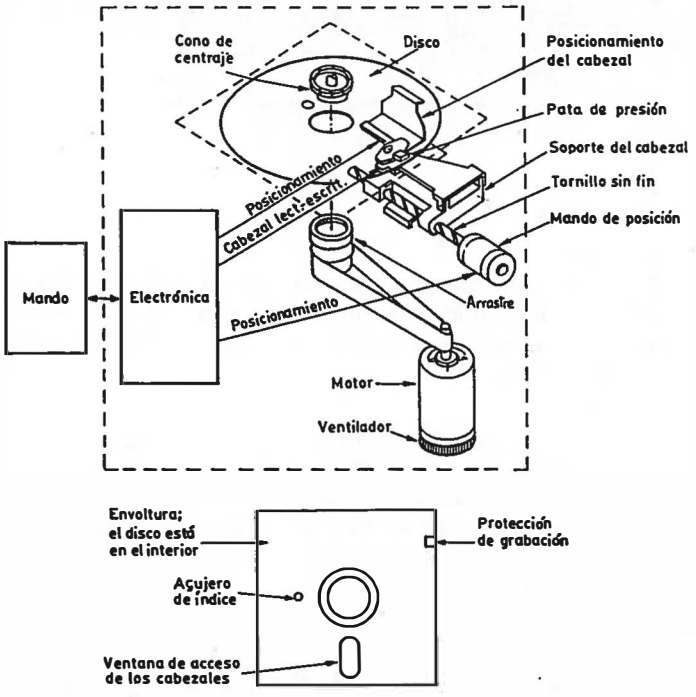



Figura 12.24 Mecánica del soporte del disco flexible, y presentación de los disquettes flexibles de 5,25 pulgadas.

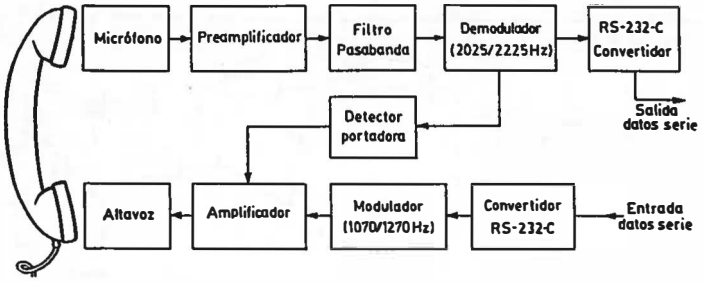



Figura 12.25 Esquema de bloques de un modem.

En el caso de los discos rígidos se consiguen altas densidades de información, a base de una gran precisión entre la situación de los cabezales y el propio disco, lo que se consigue haciendo que formen un solo elemento cada disco con su juego de cabezales que no entran en contacto directo con el disco gracias a un capa de aire que se forma entre ellos, por efecto de la gran velocidad de giro del disco.

### 12.4.7 Modems, o moduladores-demoduladores

De las palabras MOdulador y DEModulador, se derivó la palabra tan en uso de MODEM, equipo cuya función es convertir aquellos impulsos digitales que serían difíciles de transmitir por líneas que inicialmente estaban pensadas para el transporte de señales audibles (teléfono, radio, cassettes, etc.), en señales de audio que fácilmente podremos grabar por sistemas existentes. Los demoduladores y moduladores para radioteletipo descritos en el apartado 10.5, son en realidad modems cuyo uso sería aplicable en el microprocesador.

Actualmente se conciben estos circuitos con un filtro de paso de banda para reducir las interferencias a la entrada de señal de audio, un decodificador a «PLL» tipo XR2211 y, en transmisión, un generador de audio controlado por tensión, Con ello disponemos de un modem que junto a la señal serie RS232 del microprocesador y una línea de audio (radio, teléfono, cinta cassette, etc.) nos permitiría remitir la información a distancia prescindiendo de las limitaciones del medio para transmitir información digital.

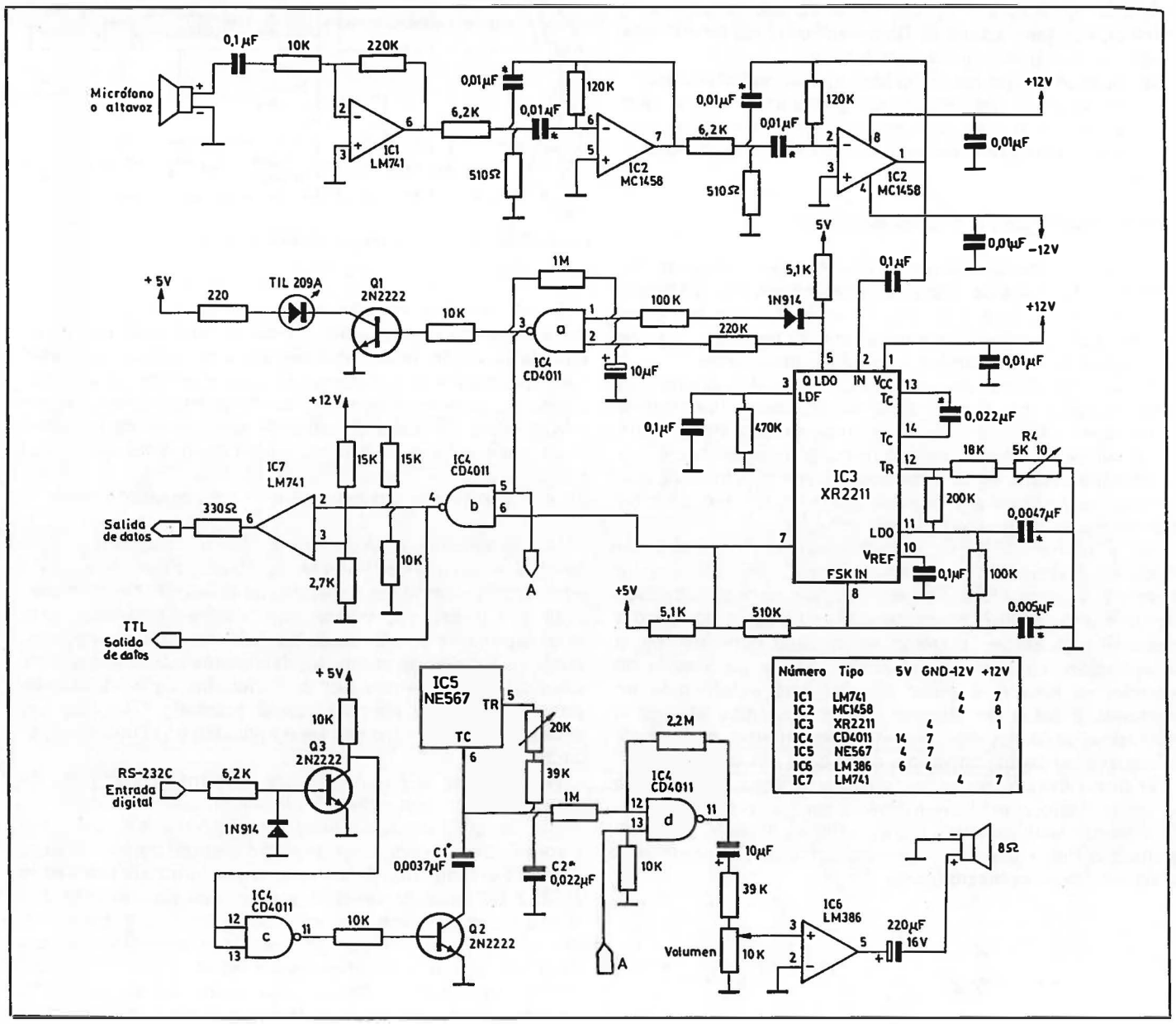
Hay que recordar la legislación de cada país en materia de transmisión de señales de este tipo por vía telefónica o de radio.

### 12.4.8 Mesa dibujadora o «Plotter»

Se trata de un tablero con un lápiz que, por órdenes del microprocesador, efectúa los dibujos que estén programados, y es de una gran aplicación en arquitectura, ingeniería, etc. Con el programa adecuado es posible disponer en minutos de perspectivas de piezas o formas complejas que, de otra manera, requerirían horas de dibujante.

### 12.4.9 Accesorios varios

Existen infinidad de accesorios para completar en cada necesidad el uso específico del microprocesador, pero comentemos que, por ejemplo, existe el pupitre dibujador en el que el ordenador memoriza los puntos que hemos señalado en el mismo; existe el lápiz de lectura de códigos en barras y asimismo disponemos de una gran variedad de interconexiones para adaptar sistemas paralelo a serie, viceversa, e incluso sistemas paralelos de composición distinta.




| Número | Tipo | 5V | GND | -12V | +12V |
|---|---|---|---|---|---|
| IC1 | LM741 | | | 4 | 7 |
| IC2 | MC1458 | | | 4 | 8 |
| IC3 | XR2211 | | 4 | | 1 |
| IC4 | CD4011 | 14 | 7 | | |
| IC5 | NE567 | 4 | 7 | | |
| IC6 | LM386 | 6 | 4 | | |
| IC7 | LM741 | | | 4 | 7 |

Figura 12.26 Circuito práctico del modem expuesto en la figura 12.25.

## 12.5 DETALLE DE DIFERENTES SISTEMAS DE MICROORDENADOR

Considerando sólo los microordenadores disponibles en el mercado, resumimos algunos sistemas y sus principales características:

*ABC COMPUTERS*

ABC 24

CPU: Z80A, entradas serie y paralelo, lenguaje Basic, RAM de 64 K, sistema CP/M.

*ALTOS COMPUTER*

8000

Memoria central 208 K, Basic, Cobol, Fortran, Pascal.

Multiprogramación. Disco y discos flexibles, etc. Completan la gama otros sistemas que pertenecen al grupo de los miniordenadores.

*APPLE COMPUTERS*

APPLE II

CPU 6502 con dos versiones de Basic, RAM de 16/48 K. Posibilidad de la utilización de monitor externo, varios tipos de disquettes, gráficos a todo color, varias posibilidades en entradas/salidas.

APPLE III

CPU 6502A, con Basic de gestión, disquettes de 5,25 pulgadas, RAM de 96 K a 128 K, también puede programarse en Pascal y Fortrán. Posibilidades muy amplias en cuanto a periféricos y aumento de los disquettes en línea. Ideal para gestión.

*ATARI*

ATARI 400

CPU 6502 con RAM de 8/16 K, como opción puede conectarse una impresora, y trabaja con un Basic en ROM de 18 K

Figura 12.27 Sistema de microprocesador de la marca Apple con teclado, soporte de disquette y monitor.

ATARI 800

Igual al anterior pero con RAM de 16/48 K, con disquettes, modem e impresora.

*COMMODORE SYSTEMS*

CBM 4016/4032

CPU 6502, con bus IEEE y Basic de 8 K RAM de 16/32 K. Asimismo puede trabajar con Pascal, opción de disquettes e impresora así como otros periféricos.

CBM 8032

CPU 6502 con Basic 4,0, RAM 32 K y lenguaje Pascal. Disquettes de 5,25 pulgadas, posibilidad de diversas impresoras.

CMB 8096

CPU 6502, similar al 8032, pero con RAM de 96 K, Basic, Fortran y Cobol. Permite periféricos con disquettes de 8 pulgadas y 3,5 Mbytes.

Figura 12.28 Unidad central del sistema 8000 de Commodore.

VIC 10

Dispone de 40 × 25 caracteres de texto a color en pantalla, sintetizador a 3 voces, tonos programables, filtros y generador de ruidos.

VIC 20

CPU 6502, es un sistema para el aficionado, RAM de 5 kB, ampliable con módulos de 3,8 y 16 kB. hasta 32 kB. Basic. Periféricos: floppy, impresora, cassette, juegos en cartucho, joystick, paddles, ampliación del bus, interfaces, RS232, RTTY, Morse, IEEE488.

VIC 30

Es una mejora del VIC 20 con 16 K de RAM y 40 caracteres por línea.

VIC 64

Idéntica al VIC 30 pero con 64 K de RAM.

COMMODORE 500

Memoria central desde 64 K hasta 256 K CPU: 6509. 40 × 25 caracteres en color y pantalla aparte. RS232C y bus IEEE. Conector para un segundo procesador.

COMMODORE 720

Monitor incorporado en blanco y negro, con 80 × 25 caracteres. 10 teclas programables. RAM desde 128 K hasta 750 kB. Conector para otro microprocesador, D.M.A., IEEE 488 y RS232C, doble floppy.

*COMPUCOLOR*

COMPUCOLOR II

CPU 8080. Entrada/salida serie, disquettes de 5,25. Lenguaje Basic y RAM de 16/32 K. Permite gráficos en color.

*CROMENCO*

CROMENCO II

CPU Z80, Entrada/salida serie, varios Basic, dos disquettes de 5,25, RAM de 64 K, en opción disco rígido, posibilidad de multiuso, impresoras, etc. Está basado en el sistema americano del bus S.100, y dispone de un amplio software.

CROMENCO Z2H

CPU Z80A Igual al sistema II, y posibilidad de disquettes de 8 pulgadas así como disco de 10 MB.

CROMENCO III

CPU Z80, dos disquettes de 8 pulgadas, los 64 K de RAM, discos rígidos, multiuso, impresoras, etc.

*DIGITAL MICROSYSTEMS*

DSC-2

CPU Z80A, comunicación serie, con Basic, dos disquettes de 8 pulgadas, 64 K de RAM, posibilidad de disco rígido, disquettes en línea, amplio software y varios lenguajes así como sistema operativo CP/M.

DSC-3 y HDS-4000.

Similares al descrito anteriormente con alternativas en el sistema de comunicación y de ampliación de discos rígidos.

*DRAGON*

DRAGON 32

CPU: 6809E. RAM 32 kB/64 kB. Basic. Color y sonido. RS232.

*HEATH ELECTRONICS*

HEATKIT H8

CPU 8080, con varios sistemas de entrada/salida, Basic, RAM de 4/56 K, posibilidad de disquettes, impresora, etc.

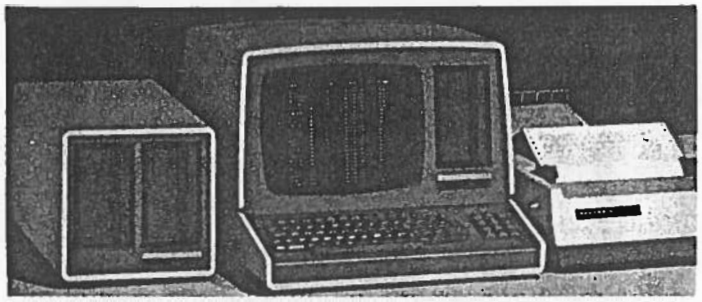


Figura 12.29 Sistema completo de la Heatkit.

Figura 12.30 Sistema con soporte de disquettes de la marca Superbrain.

*HEWLETT PACKARD*

HP 85

Con la CPU desarrollada para HP, utiliza una comunicación IEEE/serie, un Basic de 32 K, una RAM de 16/32 K, con impresora incorporada, es un sistema especialmente pensado para aplicaciones científicas.

HP83, 85

Palabra de 16 bits. RAM mínima de 16 kB. Lenguaje Basic.

HP9833.

Palabra de 16 bits. RAM desde 64/256 K. Lenguaje Basic y Assembler.

HP9845.

También con palabra de 16 bits. RAM de 64 K/449 kB.

*IBM*

IBM 23

Palabra de 16 bits. RAM desde 32 K/128 K, lenguaje Basic.

IBM Personal Computer.

CPU: Intel 8088. ROM 40 kB RAM 16 kB ampliables hasta 256 kB. Soporta hasta cuatro discos flexibles de cinco pulgadas y cuarto, con una capacidad por disquette de 160 kB. Conexión a cassette estándar. Impresora. Ampliaciones de memoria. Sonido y color. Sintetizador musical. Interpretador Basic. Compilador Pascal.

*INTEREC DATA SYSTEMS*

SUPERBRAIN

CPU dos Z80, Entrada/salida serie, Basic y otros, RAM de 32/64 K. CP/M. Posibilidad del disco de 8 pulgadas y rígido.

*ITHACA INTERSYSTEMS*

ITHACA INTERSYSTEMS II

CPU Z80A, con varias posibilidades de entrada/salida, Basic y otros lenguajes, disquettes de 5,25 y 8 pulgadas, RAM de 8/64 K, basado en el Bus S-100.

*ITT CONSUMER PRODUCTS*

ITT2020.

CPU 6502. Varios sistemas de E/S y de lenguaje Basic, así como también el Pascal. RAM de 16/48 K, posibilidad de periféricos tales como disquettes, impresora. Al igual que el Apple permite gráficos en color.

*NASCOM MICROCOMPUTERS*

NASCOM I

CPU Z80, con E/S serie y paralelo, opcionalmente Basic, RAM de 1/6 K, permite conectar una impresora y ampliar la memoria.

NASCOM II

Igual al descrito anteriormente pero con un Basic de 8 K y RAM ampliable hasta 227 K, cassette tipo Kansas e impresora. Se trata de un kit muy completo y económico.

*NATIONAL PANASONIC*

PANASONIC JD800/840

CPU 8085A, E/S serie, con Basic y Cobol, RAM de 56 K dos disquettes de 8 pulgadas, y CP/M

*NEC*

PC8000

Palabra de 8 bits, RAM de 24 K/32 kB, hasta 160 kB. Lenguajes: Basic, Pascal y Assembler.

*NETRONICS*

ELF II

CPU 1802, E/S paralelo, con Basic en opción, RAM de 0,5/4 K. Kit económico para programar en hexadecimal.

EXPLORER 85

CPU 8085, E/S paralelo, Basic de 8 K opcional, RAM de 4 K. Es un kit basado en el Bus S-100.

*NEW BRAIN*

NEW BRAIN A

CPU: Z80A, RAM de 32 kB. Ampliable hasta 512 kB. Lenguaje Basic. Salida video y TV. RS232. Floppy de hasta 1 MB y Winchester de 10 MB.

NEW BRAIN AD

Igual al anterior con la adición de un display fluorescente de 16 caracteres.

*NORTH STAR*

NORTHSTAR HORIZON

CPU Z80, E/S serie y paralelo, con Basic, Cobol, Fortran, APL, Pascal, Forth y C. Disquettes de 5,25 pulgadas, RAM de 64 K/416 K. Dispone de impresoras, disquettes, etc.

| | C2-8PDF | C2-8P | C2-4PMF | C2-4P | C1PMF | C1P | Super Board II |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6502 | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí |
| Teclado con minúsculas | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí |
| Basic-ROM | no | sí | no | sí | sí | sí | sí |
| Basic-disco | sí | no | sí | no | sí | no | no |
| Mínima RAM | 32 K | 4 K | 20 K | 4 K | 12 K | 4 K | 4 K |
| Mínima memoria RAM + ROM | 35 K | 15 K | 23 K | 15 K | 23 K | 14 K | 14 K |
| Máxima RAM | 48 K | 36 K | 36 K | 32 K | 32 K | 8 K | 8 K |
| TV/Video Monitor | ← Accesorio → | | | | | | |
| Cassette | | acces. | | acces. | | acces. | acces. |
| Disco Mini-Floppy | no | no | sí | acces. | sí | acces. | acces. |
| Disco Dual Mini-Floppy | no | no | acces. | acces. | acces. | acces. | acces. |
| Disco Dual 8 pulg. Floppy | sí | acces. | no | no | no | no | no |
| Modem | ← Accesorio → | | | | | | |
| 23 Megabyte o 74 Megabyte Disco rígido | acces. | acces. | | | | | |
| Video Display | 32 × 64 | 32 × 64 | 32 × 64 | 32 × 64 | 30 × 30 | 30 × 30 | 30 × 30 |
| Mayúsculas minúsculas Gráficos Juegos | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí |
| Resolución en pantalla | 256x 512 | 256x 512 | 256x 512 | 256x 512 | 256x 256 | 256x 256 | 256x 256 |

Figura 12.31 Detalle de las varias configuraciones ofrecidas por Ohio Scientific.

ADVANTAGE
CPU Z80A, 8035 y 8088. Palabra de 8/16 bits. RAM 64/256 kB. Lenguajes Basic, Cobol, Fortran, Pascal, APL.

*OHIO SCIENTIFIC INSTRUMENTS*

SUPERBOARD II, (C1)
CPU 6502, una RAM de 4/8 K, cassette, Basic de 8 K, sistema ideal para iniciarse en el tema.

CHALLENGER, C2-4P
CPU 6502, E/S serie y paralelo, Basic de 8 K. RAM de 4/32 K, cassette tipo Kansas, con opciones de disquettes, impresora.

CHALLENGER, C2-4PMF
Igual al CHALLENGER C2 con RAM de 36 K e incluye minidisquette, Basic en disquette.

CHALLENGER, C2-8PDF
CPU 6502, E/S paralelo y serie, Basic en disquette, RAM de 32/48 K y disquette de 8 pulgadas, posibilidad de conectar disco rígido de 23/74 Mbytes.

CHALLENGER, C3-A-B-C (C4)
CPU 6502, 68B00 y Z80, varias E/S, Basic, Fortran, Cobol, dos discos de ocho pulgadas, disco rígido de 74 Mbytes, RAM de 32/48/52 K. Sistema de alta potencia para aplicaciones comerciales y de gestión, con grandes necesidades de memoria.

*OLIVETTI*

M-35
RAM de 64/128 kB, Basic.

BCS-2025
RAM de 64 kB máximo, Basic.

M-20-ST.
Palabra de 16 bits, RAM de 128 kB/512 kB. Basic, Pascal y Fortran.

M-30-ST.
Palabra de 16 bits. RAM de 256/512 kB.

*OSBORNE*

OSBORNE-1
CPU Z80A, RAM 64 kB. Sistema operativo CP/M y PSY. Basic y Pascal. RS232 e IEEE488.

*PHILIPS*

P-2000-M
Palabra de 8 bits, RAM de 16/48 kB. Basic, Pascal y Assembler.

P-3500.
Palabra de 8 bits, RAM de 128 kB/320 kB. Cobol, Basic y Pascal. CP/M.

P-4200
Palabra de 16 bits. RAM 256/512 kB. Cobol, Pascal, Assembler y Macroprocessor. Multiprogramación y multipuesto.

*ROCKWELL*

AIM65
CPU 6502, entradas y salidas serie y paralelo, con Basic de 8 K, RAM de 1 a 4 K, 2 cassettes, y un buen grupo de extras.

*SANCO*

8001
Palabra de 8 bits, RAM 64 kB. Opera con CP/M Basic, Cobol, Fortran, Pascal, Assembler.

8103
Similar al anterior, pero con RAM de 64 kB/192 kB.

8150
Similar a los anteriores con una memoria central (RAM) de 64/192 kB.

*SANYO*

SYSTEM 7000 y MBC1000
Con la CPU Z80, E/S serie, lenguaje Basic, 2 disquettes de 5 1/4 pulgadas, RAM de 32/64 K y CP/M. Conexión a disquettes de 8 pulgadas, impresoras, etc.

*SGS ATES*

NANOCOMPUTER
CPU Z80, E/S RS232 y paralelo, Basic de K opcional, RAM de 4/16 K y cassette. Ideal para experimentadores.

*SHARP ELECTRONICS*

MZ-808-K-A
CPU Z80, E/S paralelo, Basic de 14 K, RAM de 6/34 K, cassette, ampliación con disquettes, impresora, etc. Sistema ampliable para aplicaciones comerciales.

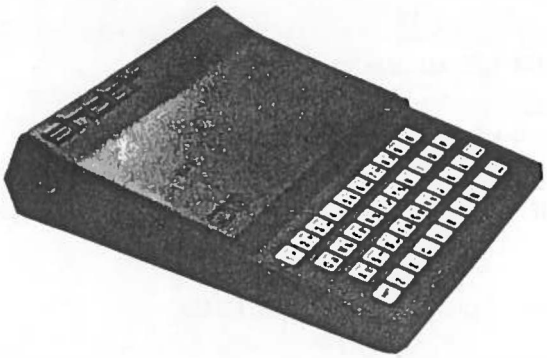


Figura 12.32 Uno de los modelos más asequibles es el Sinclair, ideal para el inicio en el Basic.

PC1211
Microordenador casi de «bolsillo», portátil, que permite programar hasta 1424 instrucciones en Basic. Posibilidad de conexión a cassette. Con pantalla similar a una calculadora, equipada de un display a cristal líquido.

HAYAC 2800
CPU de 8 bits. RAM 64 kB. Cobol, Schpol y Glip.

HAYAC 3800.
Similar al anterior pero con 64/96 kB.

HAYAC 2400.
Similar a la serie Hayac, pero con una RAM de 129/256 kB.

*SINCLAIR RESEARCH*

ZX80-ZX81
CPU Z80A, E/S paralelo, con Basic, cassette, RAM de 1 K ampliable hasta 16 K/64 kB. Ideal para el estudio y aprendizaje del Basic y el microprocesador.

*SORD*

M203 Mark III, V
CPU Z80, E/S varias, Discos de 5 1/4 y 8 pulgadas, RAM 196 K, y posibilidad de lenguaje Fortran, Cobol, Pascal y Basic.

Figura 12.33 Un sistema similar al TRS-80 cuyos programas y cassettes son compatibles es el Video Genie.

M223 MKIII, V, VI, VII
CPU Z80A, varios lenguajes, y RAM de 196 K, posibilidad de disquettes de 8 pulgadas, y expansión de 5 1/4 pulgadas.

M243 Mark V, VI, VII
Similar al anterior pero con la adición de doble cantidad de discos flexibles tanto de 8 pulgadas como de 5 1/4 pulgadas, y cuatro discos rígidos de 8 Mbytes.
Sistemas idóneos para gestión.

M23
Similar a las series recientemente comentadas de la marca Sord, así como la posibilidad de trabajo en cualquiera de los lenguajes comentados anteriormente.

*SPECTRUM*

RAM máxima 48 kB. Palabra de 8 bits. Color y sonido.

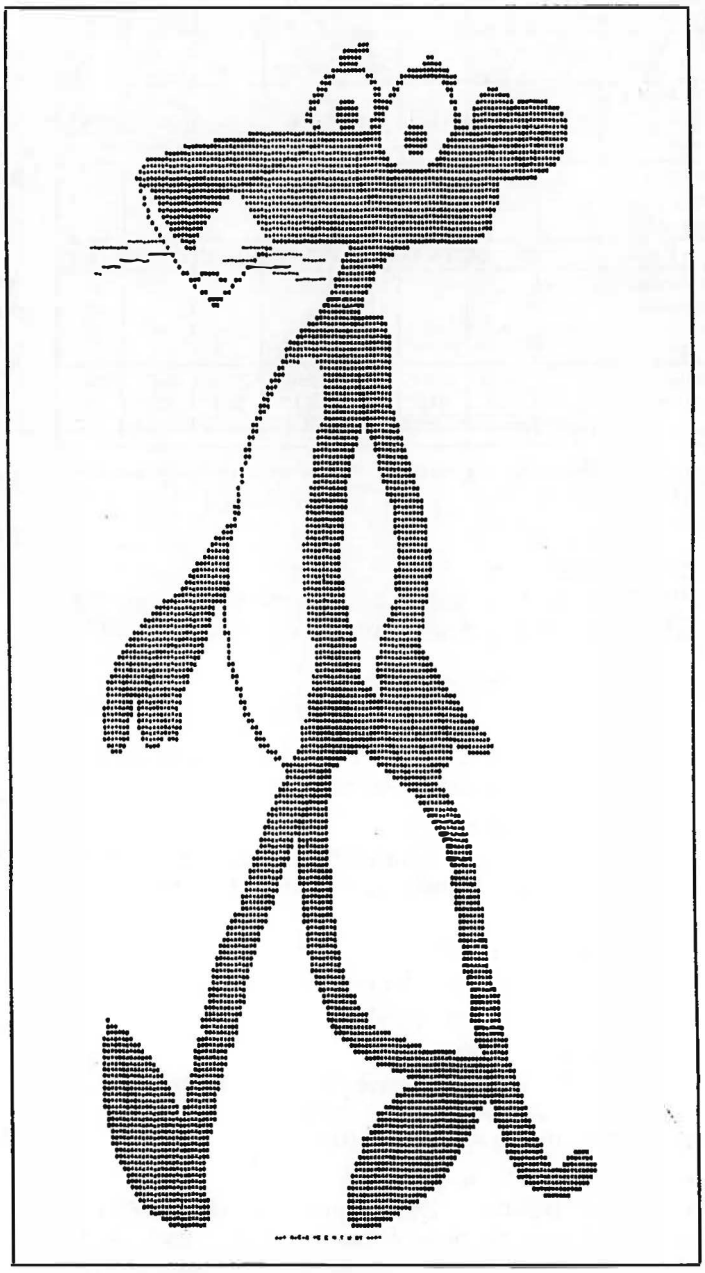


Figura 12.34 También nos podemos sentir artistas ante una máquina tan fría como es un microprocesador; veamos como la imaginación puede sacar provecho de las posibilidades de los sistemas ordenadores.

*TANDY CORPORATION*

TRS-80 nivel 1 y 2.
CPU Z80, dos versiones de Basic, disquettes en opción, RAM de 4/48 K, posibilidad de lenguaje Fortran, impresoras, disquettes, etc.

TRS-80 II
Igual al anterior, pero con la posibilidad del disco de 8 pulgadas, y una RAM de 32/64 K. Versión más idónea que la I para aplicaciones comerciales. Posibilidad de lenguaje Cobol y Pascal.

TRS-80 III
Similar a los anteriores. Lenguajes Basic, Tiny Pascal, Editor Assembler, Fortran, Cobol.

*TEXAS INSTRUMENTS*

TI 99/4.
CPU 9900, Basic 14 K, RAM 16 K, 2 cassettes. Sistema con memoria a cartuchos que precisa de un televisor en color normas USA.

BS-220/240/250/251
Palabra de 16 bits. RAM 64 kB. Lenguajes Cobol, Pascal y Basic. Periféricos: impresora, Winchester y disquettes.

*TOSHIBA*

T-100
Palabra de 8 bits. RAM de 64 kB. Lenguajes Basic, Pascal, Fortran y Cobol.

T-200
Microordenador basado en un micro de 8 bits. RAM de 64 kB. Basic.

*VECTOR GRAPHIC*

SYSTEM B.
CPU Z80, Basic, 64 K de RAM, CP/M, 2 discos 5 1/4 pulgadas.

VECTOR GRAPHIC 2800.
CPU Z80, 2 disquettes de 8 pulgadas, varias versiones de Basic, 64 K, de RAM.

VECTOR GRAPHIC 3030.
Igual al anterior, pero con disco rígido de 32 Mbytes. Todos ellos con sistema operativo CP/M.

4120/4130.
Palabra de 16 bits. RAM 128/256 kB. Basic, Fortran, Cobol, Pascal y APL.

*VICTOR*

VICTOR LAMBDA
Microordenador con Basic. RAM 2 K/16 kB. Ideal para juegos.

*VIDEO GENIE*

CPU Z80, E/S paralelo y serie, Basic de 10 K, cassette, RAM de 16/48 K.
Impresora y programas del TRS-80

VIDEO GENIE COLOR
Similar al anterior, pero incorpora color, joysticks, cartuchos juegos, ampliación de memoria de 16 K.

*XEROX*

820
Palabra de 8 bits, RAM de 64 K/96 kB. CP/M. Lenguaje Cobol, Pascal, Basic y Fortran.

*ZILOG*

MCZ.-1
Palabra de 8 bits. RAM de 64 kB. Basic, Fortran, Cobol, PLZ, Pascal y Assembler.

# instrumentación y equipo de prueba 13

*Ricardo Llauradó Olivella*

## 13.1 GENERALIDADES

El asombroso desarrollo tecnológico del siglo XX, ha sido sin duda posible gracias a la precisión con que se han llegado a efectuar mediciones científicas. Los instrumentos que pueden utilizarse en el campo de la radioafición son numerosos y algunos pueden llegar a ser muy complicados y caros, por lo que pueden ser privativos de los fabricantes de equipos para el radioaficionado, como puede ser el analizador de espectro y diversos generadores de señales patrones. Algunos radioaficionados, especializados en electrónica, son capaces de diseñar y construir sus propios equipos; en este caso precisarán más instrumentos de medida y prueba que otros radioaficionados cuyos equipos proceden principalmente del Japón y EE.UU.; pueden incorporar instrumentos de medida tales como un frecuencímetro digital, un generador de marcas o «marker» que proporciona una señal patrón cada 25 kilohercios y permite calibrar el dial, y diversos instrumentos de panel para indicar tensiones, potencias e intensidades del propio equipo.

Será, pues, este capítulo una mera descripción de los equipos de medida y prueba más comúnmente utilizados por el radioaficionado. Hemos omitido detalles constructivos, ya que la fabricación seriada de los mismos los abarata hasta tal punto que la mayoría resultan mucho más caros si se compran los componentes sueltos.

## 13.2 MEDICIONES EN CORRIENTE CONTINUA

En la medida de tensión se utiliza comúnmente el voltímetro de bobina móvil (figura 13.1) cuya bobina es de hilo de cobre esmaltado de muy pequeña sección y gran número de espiras. Al conectar el voltímetro en un circuito con tensión circula una pequeña corriente por la bobina, lo que crea un campo magnético, y por la atracción de los polos de un fuerte imán la bobina gira hasta que la fuerza de atracción es igual a la de un resorte antagonista en espiral. Basta adicionar una aguja o índice a la bobina y situar debajo una escala graduada, para tener un voltímetro. En la práctica las bobinas sólo son capaces de medir fracciones de voltio y es preciso añadir resistencias en serie, según el valor de la tensión a medir. El mismo instrumento de bobina móvil se puede utilizar como amperímetro; en este caso, si el hilo fuera delgado, sólo podrían medirse microamperios sin que se falseara la lectura por la caída de tensión dentro del mismo instrumento. Por lo tanto debe utilizarse o bien hilo más grueso en la construcción de dicha bobina, o poner resistencias de bajo valor en paralelo, más bajo cuanto mayor sea el valor de la corriente. En la práctica suelen usarse pequeñas bobinas de hilo de constantán, nicrom u otras aleaciones cuya resistencia eléctrica no varía con la temperatura.

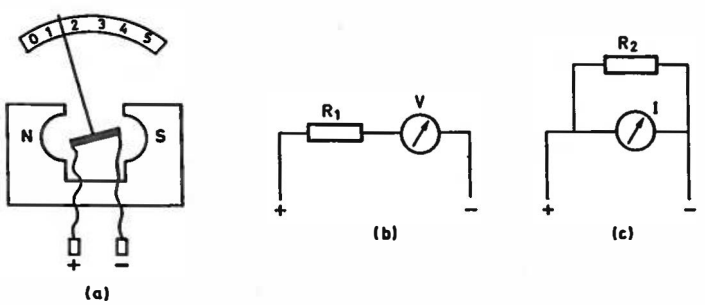



Figura 13.1 En *a*) se ilustra un instrumento de bobina móvil. *N* y *S* son los polos de un fuerte imán. Falta dibujar el resorte, que se ha omitido para mayor claridad; en *b*) se aprecia la conexión como voltímetro, es decir con una resistencia $R_1$ en serie. y en *c*) como amperímetro, es decir con una resistencia $R_2$ en paralelo, llamada «shunt».

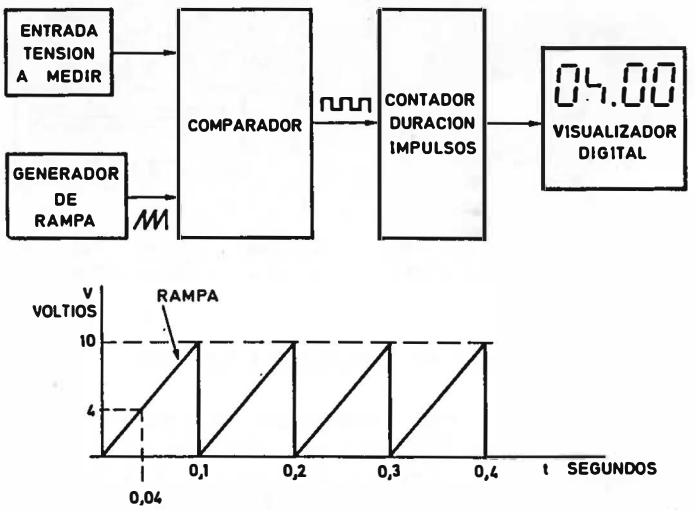



Figura 13.2 Diagrama de bloques de un voltímetro digital comúnmente llamado DVM (Digital Volt Meter). Es parte esencial un generador de rampa o generador de señal diente de sierra, que también se ilustra en la figura.

Cuando se desea obtener una precisión elevada, puede utilizarse un voltímetro digital (figura 13.2). El funcionamiento, en síntesis, es el siguiente: existe un generador de rampa, que produce una tensión creciente con el tiempo, hasta alcanzar, por ejemplo, 10 voltios al cabo de una décima de segundo. Mediante un comparador, se obtiene un impulso cuando las dos tensiones, la de rampa y la de entrada a medir, son iguales. La duración de estos impulsos es proporcional a la tensión de entrada. Un contador de la

duración del impulso dará directamente el valor de la tensión de entrada. Esta información es tratada digitalmente, de forma que la lectura aparece en un visualizador o «display» digital pudiendo ser éste de cuarzo líquido, o de diodos luminiscentes. Existen voltímetros digitales, en los que los componentes electrónicos activos, están incorporados en un solo circuito integrado o «chip».

## 13.3 MEDIDA DE RESISTENCIAS EN CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA

La medida de las resistencias se efectúa por comparación. En la figura 13.3 se muestra un puente de Wheatstone que permite la medida de resistencias en un amplio margen. Si se cumple la condición.

$$\frac{A}{B} = \frac{C}{X}$$

no circula corriente por el voltímetro; entonces el voltímetro se denomina detector de cero (null detector) y será posible calcular el valor de la resistencia $X$. Para medir resistencias de muy bajo valor, las resistencias $A$ y $B$ del puente pueden sustituirse por un hilo resistivo con un contacto deslizante o cursor. Este contacto puede indicar directamente el valor en ohmios de la resistencia desconocida si se provee una escala graduada paralela al hilo resistivo.

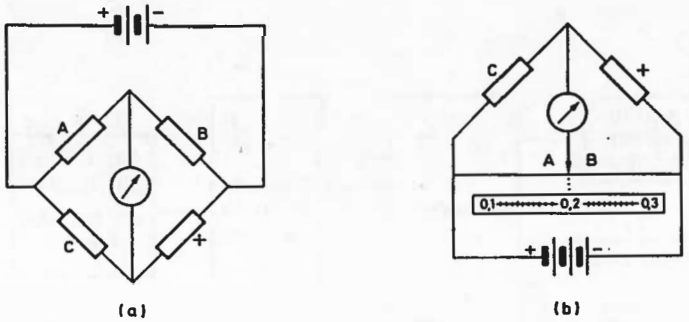



Figura 13.3 Puentes para medida de resistencias eléctricas. *a*) Puente de Wheatstone. *b*) Puente modificado para medida de resistencias de bajo valor.

## 13.4 MEDICIONES EN CORRIENTE ALTERNA

Las mediciones más usuales de las magnitudes de corriente alterna se efectúan sobre corrientes de la red de distribución de energía, que acostumbra a ser de 110, 125 o 220 voltios y 50 o 60 hercios de frecuencia. Y de estas mismas frecuencias en los devanados secundarios de transformadores de alimentación de filamentos de 6,3 o 12,6 voltios u otras tensiones de 15 a 30 voltios para fuentes de alimentación destinadas a entregar una tensión continua estabilizada. Puede haber también tensiones de 600 o más voltios destinadas a ser rectificadas y filtradas para alimentar pasos finales o lineales a válvulas. En todos estos casos la frecuencia es muy baja, de 50 o bien 60 hercios, por lo que no se presentan fenómenos reactivos (inducción, capacidad, etc.) apreciables, y las tensiones pueden con la adición de un simple puente de diodos para, una vez rectificadas, utilizar un voltímetro de corriente continua. Hay que tener en cuenta que si se utiliza un puente de diodos de silicio, se produce una caída de tensión de unos 0,65 voltios, lo cual no introduce un error apreciable en lecturas de tensiones altas, pero las lecturas son falseadas cuando se aproximan a este valor y si son inferiores, resultan imposibles. Se construyen amperímetros y voltímetros que dan lecturas directas en alterna, utilizando instrumentos de hierro móvil. En ellos la aguja indicadora es solidaria de unas chapas de hierro al silicio, que se mueven en el centro del campo creado por la bobina fija. Las chapas de hierro son atraídas por el campo magnético alterno creado por la bobina. La desviación indica el valor de la tensión.

## 13.5 EL POLIMETRO (TESTER)

Un polímetro (en inglés «tester» que quiere decir comprobador), es un instrumento de bobina móvil provisto de diversos shunts, conmutadores y tomas, para realizar múltiples tipos de funciones. Con él pueden ser medidas con facilidad y precisiones del 2 %, tensiones, intensidades y resistencias, y su costo es bajo. Al elegir un polímetro, una de las características a tener en cuenta es su sensibilidad. Para mediciones de tensión continua un buen polímetro presenta una resistencia de 20.000 ohmios por voltio o mayor. Un valor más pequeño que 10.000 ohmios por voltio puede introducir errores.

En algunos polímetros se sustituye el instrumento de bobina móvil por uno digital, porque mejora la precisión de lectura. No obstante, no siempre es éste adecuado.Cuando las lecturas son de valores dinámicos, como los que se obtienen durante un ajuste para máxima señal, la lectura digital puede ser incómoda por aparecer series de números cambiantes continuamente, siendo entonces preferible el polímetro de bobina móvil.

## 13.6 EL VOLTIMETRO ELECTRONICO

Cuando se miden tensiones en circuitos de alta impedancia, con un voltímetro de bobina móvil se originan en ellos caídas de tensión, debido a su resistencia interna. Para solventar esta dificultad se utiliza el voltímetro electrónico el cual presenta una resistencia de varios megohmios. La figura 13.4 ilustra la circuitería necesaria, además de un conmuta-

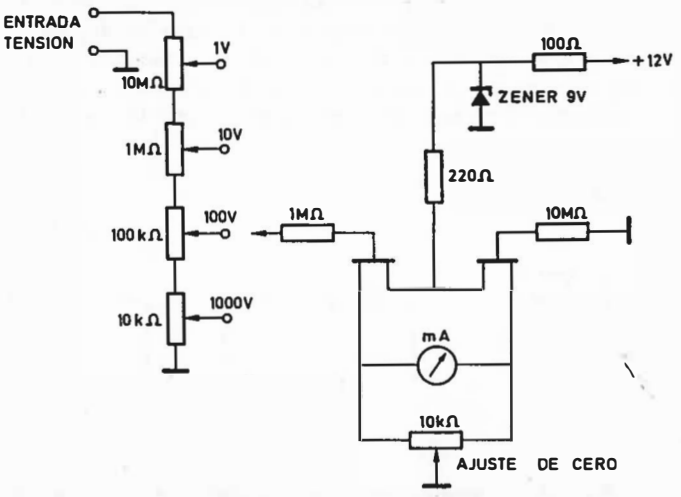



Figura 13.4 Voltímetro electrónico. Alcance 1 a 1000 voltios. Impedancia de entrada mínima, 1 megohmio. Utiliza dos transistores de efecto de campo. Las derivas se anulan por el montaje simétrico o diferencial. Un conmutador permite seleccionar diversas escalas.

dor que permite obtener un margen de escala de 1 a 1.000 voltios. Los transistores utilizados son de efecto de campo o FET (Field Effect Transistor). El instrumento es de baja intensidad, por ejemplo 100 microamperios. Hay que tener en cuenta que en el voltímetro electrónico no existe amplificación de tensión, sólo hay amplificación de corriente, por lo que pueda ser necesario añadir un amplificador de tensión. Hasta hace pocos años era muy difícil realizar un amplificador para tensiones muy pequeñas debido a las derivas y variaciones de ganancia de los amplificadores por los efectos de temperatura, envejecimiento y variaciones de tensión de alimentación. Pero el descubrimiento del amplificador operacional permite ahora amplificar miles de veces, tensiones o corrientes continuas, con derivas nulas o despreciables. Un amplificador operacional de entrada diferencial, da una señal de salida amplificada sin deriva. La ganancia de los amplificadores operacionales se controla mediante una realimentación negativa entre entrada y salida. Cuando esta realimentación es total, la ganancia es igual a la unidad pero el circuito presenta una entrada de muy alta impedancia y una salida de muy baja impedancia, comportándose como un seguidor catódico. El amplificador operacional es útil en la amplificación de corrientes tanto continuas como alternas y por esto se incorpora en la mayoría de instrumentos de medida electrónica (figura 13.5).

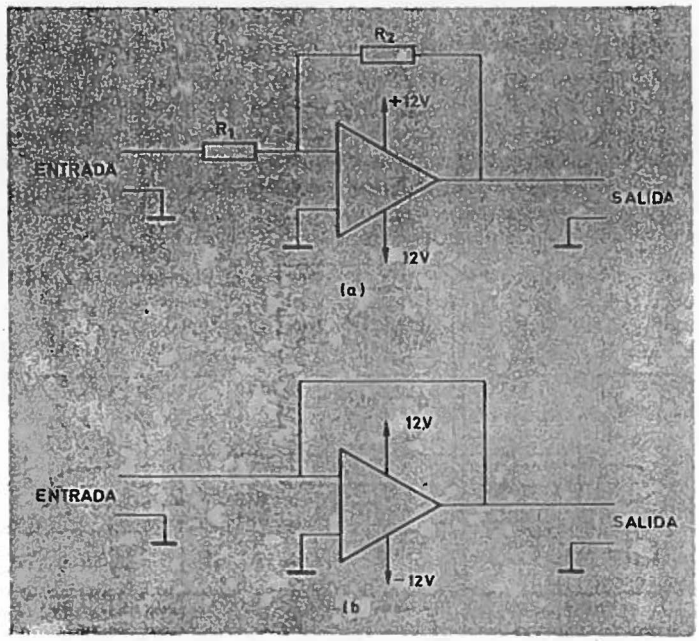



Figura 13.5 Amplificadores operacionales utilizados en instrumentación electrónica de medida. En *a*) Amplificador operacional típico, en el que la ganancia viene expresada por la relación $R_2/R_1$. En *b*) se presenta un seguidor catódico; en este circuito la relación $R_2/R_1$ es igual a 1, es decir no hay amplificación de tensión, pero sí de corriente, presentando una impedancia de varios megohmios en la entrada y de unos pocos ohmios en la salida.

## 13.7 MEDIDAS EN ALTA FRECUENCIA

Las corrientes alternas de alta frecuencia no son medibles con un instrumento de bobina móvil, ni siquiera adicionando un diodo. La alta frecuencia, o radiofrecuencia, presenta un comportamiento irregular cuando no se toman las oportunas precauciones para efectuar las medidas. Ello es debido a fenómenos de reactancia inductiva o capacitativa que hay que considerar. Cuando se dispone de un instrumento de bobina móvil o un polímetro, puede confeccionarse una punta de prueba para radiofrecuencia. Bastan unos condensadores y un par de diodos. No obstante esto presenta una carga importante que puede falsear la lectura, por lo que esta sonda puede no aplicarse con un voltímetro electrónico. Cuando se encierran dentro de una caja diodos, selectores de escala y diversos dispositivos de compensación, así como amplificadores e instrumentos de bobina móvil, se tiene lo que se denomina voltímetro de radiofrecuencia. Para las medidas en alta frecuencia existen dos instrumentos adecuados: el osciloscopio y el frecuencímetro digital, que por su complejidad y utilidad especial para el radioaficionado merecen una descripción algo detallada.

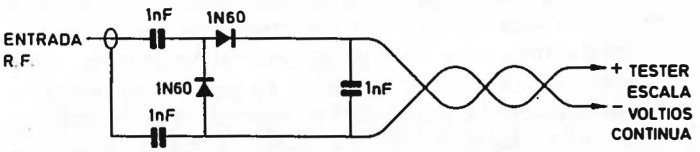



Figura 13.6 Punta de prueba de radiofrecuencia. Se puede construir una punta de prueba con pocos elementos y efectuar con un polímetro normal en escala de tensión continua.

## 13.8 EL OSCILOSCOPIO

Para explicar su funcionamiento nos referimos al diagrama básico de la figura 13.7. Un osciloscopio moderno consta de un tubo de rayos catódicos provisto de una pantalla fluorescente de cierta fosforescencia, es decir persistencia de la luz.

Un cátodo incandescente emite electrones, que son acelerados por dos rejillas que regulan el tamaño de la mancha luminosa (spot) y su luminosidad respectivamente. Dentro del tubo y situadas lateralmente están las llamadas placas deflectoras horizontales, y en las partes superior e inferior respectivamente, están las llamadas placas de deflexión vertical. Si la tensión de las cuatro placas es la misma, aparece un punto luminoso en la pantalla porque los electrones producen la fluorescencia de la substancia química depositada en su interior, que suele ser un compuesto de fósforo. Si la diferencia de tensión entre las

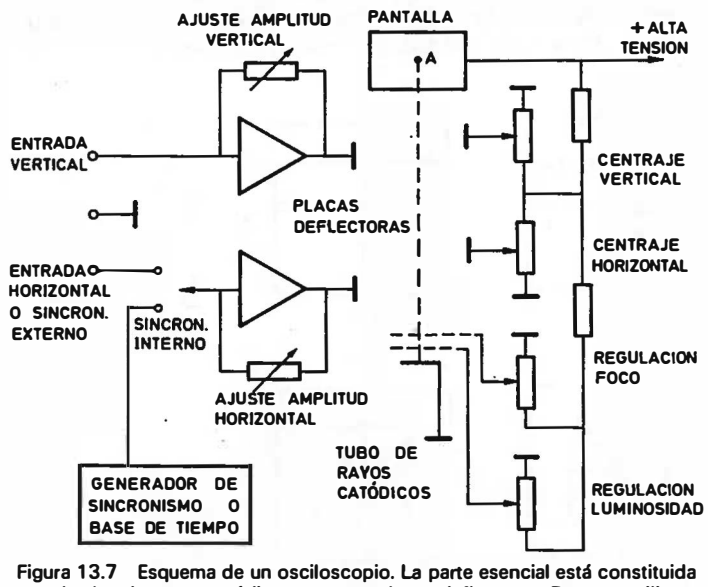



Figura 13.7 Esquema de un osciloscopio. La parte esencial está constituida por el tubo de rayos catódicos con sus placas deflectoras. Partes auxiliares son los amplificadores, el generador de sincronismo, y la fuente de alta tensión.

placas horizontales permanece constante, pero la diferencia de tensión entre las placas verticales aumenta de tensión, el punto se desplaza hacia la parte superior de la pantalla. Si la diferencia aumenta entre las horizontales, el punto se desplaza horizontalmente. Si aplicáramos una tensión alterna, el punto avanzaría y retrocedería describiendo una línea recta. Cuando a los dos pares de placas se aplican tensiones alternas el punto describe determinadas figuras, que permiten fácilmente analizar, comprobar y estudiar la forma de onda, sus deformaciones, su frecuencia, pureza, estabilidad, armónicos así como el valor de su tensión, y esto de una forma gráfica e inmediata, lo que no puede conseguirse con un polímetro.

Un osciloscopio tendrá infinidad de aplicaciones útiles para el radioaficionado, pero al seleccionarlo deberemos tener en cuenta, entre otras características: su margen o alcance de frecuencia, en algunos osciloscopios es de uno o dos megahercios, por lo que sólo es posible ver en ellos señales de audiofrecuencia, de frecuencias intermedias bajas de 455 kilohercios o 1.600 kilohercios, por ejemplo. La limitación en frecuencia puede estar determinada por el tubo de rayos catódicos; si la capa fluorescente es de alta persistencia, la frecuencia no puede ser muy alta porque entonces no será visualizada. En otros casos la limitación viene impuesta por los amplificadores vertical y horizontal que atacan las placas deflectoras; si la señal es de elevada amplitud, será posible aplicarla directamente a las placas de deflexión. Algunos tubos admiten hasta 10 MHz, o más. A partir de 30 MHz, los osciloscopios se encarecen notablemente, resultando prohibitivos para el radioaficionado medio, los que alcanzan 100 megahercios o más.

Otras características del osciloscopio son: la del generador de sincronismo interno; la gama de frecuencias que abarca, y los tipos de señales que genera (que pueden ser senoidal, diente de sierra, cuadrada, etc.); la capacidad de amplificación en amplitud y frecuencia de los amplificadores vertical y horizontal, y si dispone de doble haz, que permite estudiar dos señales distintas.

Veamos, pues, cuáles son las aplicaciones concretas del osciloscopio para el radioaficionado. En la figura 13.8 podemos observar diversos oscilogramas. En *a* se observa una tensión continua con un pequeño rizado, es decir con un pequeño porcentaje de corriente alterna. Esto nos permite estudiar la pureza de la tensión que entrega una fuente de alimentación, y esto no lo podríamos apreciar con un simple «tester». En *b* apreciamos una tensión de corriente continua sin rizado. Tanto en *a* como en *b*, la tensión a analizar se ha aplicado al amplificador vertical, mientras en el horizontal se ha alimentado una señal de sincronismo interno de bajo valor. En *c* aplicamos a los dos amplificadores una misma señal sinusoidal y el resultado es una circunferencia, cuyo radio es proporcional a la amplitud de esta tensión. En *d* también se aplican señales sinusoidales a ambos amplificadores, pero sus frecuencias son distintas; la frecuencia aplicada a las placas verticales es doble que en las horizontales, mientras que en *e* esta relación es la inversa. A medida que se multiplican por los sucesivos números enteros las frecuencias entre las placas, las figuras se complican y dan origen a unas figuras patrón, cuyo estudio fue efectuado por Lissajous, y del cual reciben el nombre.

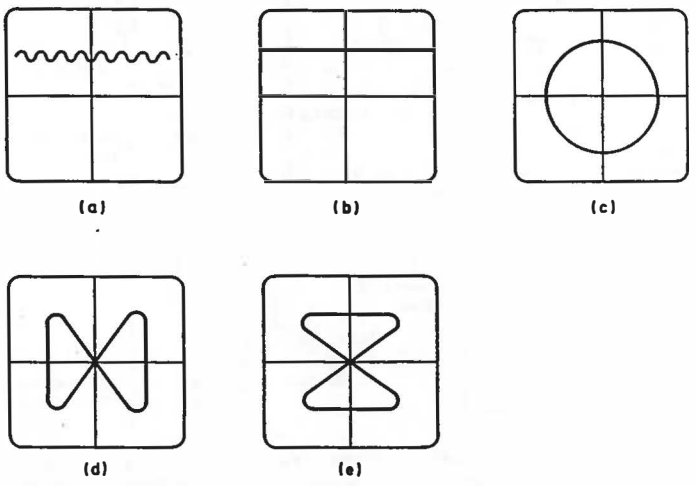



Figura 13.8 Oscilogramas obtenidos con un osciloscopio.

## 13.9 EL MODULOSCOPIO

Para el radioaficionado, la calidad de modulación de una señal emitida es de primordial interés. Debidamente conectado, el osciloscopio visualiza el comportamiento de la modulación, y algunas firmas comerciales venden osciloscopios ya preparados exclusivamente para este fin.

Cuando en un osciloscopio capaz de visualizar señales de frecuencias elevadas, se conecta a las placas verticales la señal de radiofrecuencia del emisor y a las placas horizontales directamente la señal de audio, se obtienen diversas curvas, que permiten apreciar la linealidad y el porcentaje de la modulación. La figura 13.9 ilustra el diagrama de conexionado, mientras la figura 13.10 representa algunos de los oscilogramas obtenidos. En *a*), *b*) y *c*), los oscilogramas corresponden a señales correctas, y en *d*), *e*) y *f*) las señales tienen algún defecto.

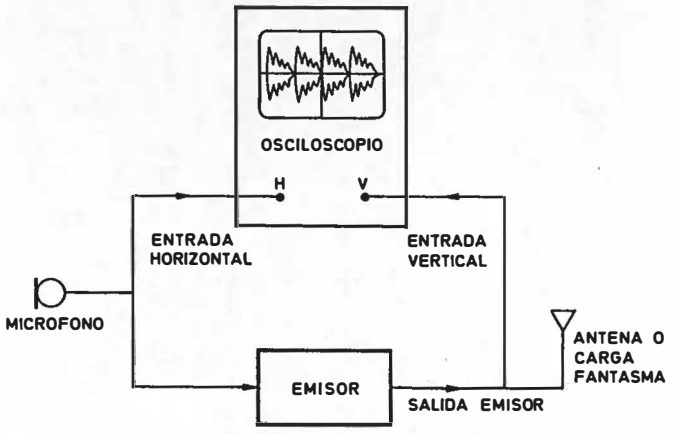



Figura 13.9 Diagrama de conexión de un osciloscopio para estudiar la modulación.

Otra forma de conectar el moduloscopio es la de invertir las conexiones de la figura 13.9 y aplicar la señal audio a las placas verticales, mientras la salida del emisor se aplica a las placas horizontales. Entonces se obtienen otros oscilogramas distintos, pero que permiten también analizar la calidad de modulación, lo que se muestra en la figura 13.11 con tres oscilogramas típicos. En la mayoría de los casos se obtiene un trapezoide. La deformación del trapezoide nos indica la calidad de modulación. Una utilización particular del osciloscopio es como indicador de sintonía en recepción de RTTY. Las señales de marca y espacio se conectan

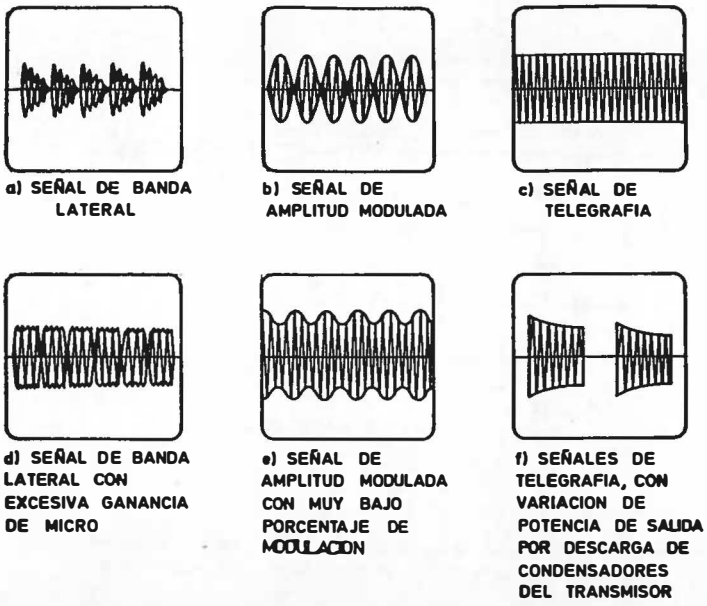



Figura 13.10 Oscilogramas obtenidos con el moduloscopio.

Figura 13.11 Oscilogramas llamados de trapezoide, que permiten estudiar la calidad de modulación de una señal

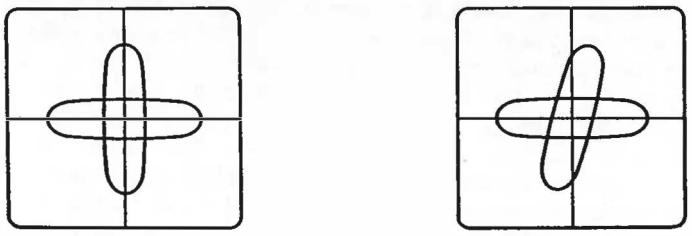



Figura 13.12 Oscilogramas correspondientes a la sintonía de RTTY.

respectivamente a las placas horizontales y verticales. Cuando las dos elipses que aparecen en la pantalla son perpendiculares y de igual tamaño, la señal de RTTY está perfectamente sintonizada. En la figura 13.12 se detallan dichos oscilogramas. Si el osciloscopio es de baja calidad posiblemente no dispondrá de amplificador horizontal. No importa. Con las señales de marca y espacio de que se disponga se atacan directamente las placas deflectoras; es posible que, debido al pequeño valor de estas señales, la imagen de las dos elipses que aparezcan en la pantalla sólo alcancen unos milímetros de longitud, pero esto basta para facilitar el centrado o sintonía de RTTY.

## 13.10 EL VOBULADOR

Es un osciloscopio provisto de diversos generadores que permiten estudiar el comportamiento de un receptor. Para explicar su funcionamiento nos referimos al diagrama de la figura 13.13. Un motor mueve simultáneamente el condensador variable de un oscilador y genera una frecuencia que varía continua y linealmente entre 5 y 10 megahercios varias veces por segundo, y un potenciómetro lineal, que entrega una señal de corriente continua variable entre 0 y 10 voltios. Si aplicamos la señal de potenciómetro a la entrada horizontal del osciloscopio, el haz se desplazará de izquierda a derecha y viceversa, pero en cada punto del recorrido le corresponderá un valor de frecuencia. Por ejemplo, en el centro de la pantalla, cuando se apliquen 5 voltios en la entrada horizontal, en el eje vertical se aplicarán 7,5 MHz, es decir la excursión media de frecuencia entre los 5 y 10 MHz citados. Ahora bien, la amplitud de esta última señal dependerá del filtro que haya entre el oscilador variable y el osciloscopio. Si hay un filtro de cuarzo, que sólo deja pasar de 9,000 a 9,012 MHz, la señal aparecerá como en la figura *b*) si el osciloscopio es capaz de visualizar señales de 10 MHz. Actualmente un vobulador no funciona con un motor eléctrico. Existe un generador de rampa o diente de sierra electrónico, y esta misma señal ataca a un diodo varactor, cuya capacidad varía por tensión. El vobulador permite estudiar el ancho de banda de los receptores, las frecuencias intermedias, la calidad de modulación cruzada, los filtros pasabanda y, en especial, los filtros de cuarzo y filtros estrechos.

El analizador de espectro es un vobulador, pero con una excursión de frecuencia muy amplia: es decir, la frecuencia del oscilador puede variar de pocos kilohercios a varios cientos de megahercios, permitiendo estudiar la radiación de armónicos de una estación, las señales espurias, productos de mezclas, etc., y en general señales interferentes. En el capítulo dedicado al estudio de las interferencias se dan algunos detalles más sobre este equipo, que resulta de suma utilidad.

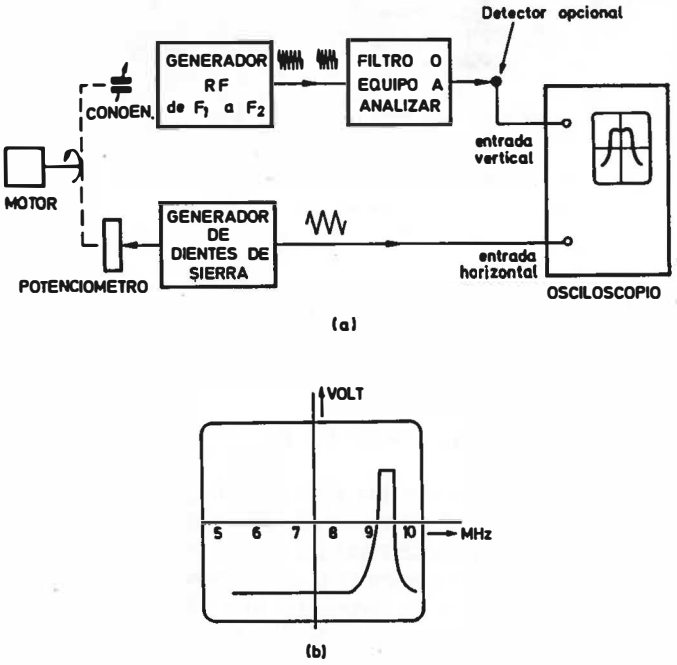



Figura 13.13 Diagrama esquemático del funcionamiento de un vobulador y curvas obtenidas al analizar un filtro de cuarzo.

## 13.11 MEDIDA DE FRECUENCIAS

El radioaficionado debe conocer exactamente la frecuencia en que emite su transceptor. Esto es una exigencia motivada por la posibilidad de interferir en otras gamas de frecuencia reservadas a otros servicios, lo cual sería muy grave. Dedicamos, pues, un apartado especial a los distintos modos y equipos destinados a tal fin.

### 13.11.1 Ondámetro de absorción

Este es un medidor de frecuencias muy simple, pero sólo aplicable a equipos o circuitos que tengan un cierto nivel de amplitud de la radiofrecuencia. Consiste esencialmente en un condensador variable y una inductancia. Un dial calibrado indica la frecuencia de resonancia según la posición del condensador. Un diodo convierte la radiofrecuencia sintonizada por el circuito LC en corriente continua que actúa sobre un microamperímetro, produciendo en éste la máxima desviación cuando la indicación del dial coincide con la frecuencia de emisión. Si el campo de radiofrecuencia es intenso, como en el caso de una emisora, una simple aproximación de pocos centímetros bastará para captar la frecuencia; si la señal a analizar es de poca amplitud, entonces se precisará un acoplamiento, lo que se aprecia en la figura 13.14. Naturalmente, un ondámetro de absorción no da lecturas de precisión, pero es muy simple y cualquier aficionado puede construirlo. Si se le añade un amplificador operacional, se puede incrementar la sensibilidad miles de veces. Una aplicación simple es la de poder averiguar a qué frecuencia trabaja el paso final de un equipo, y especialmente si se presenta una autooscilación por falta de neutralización.

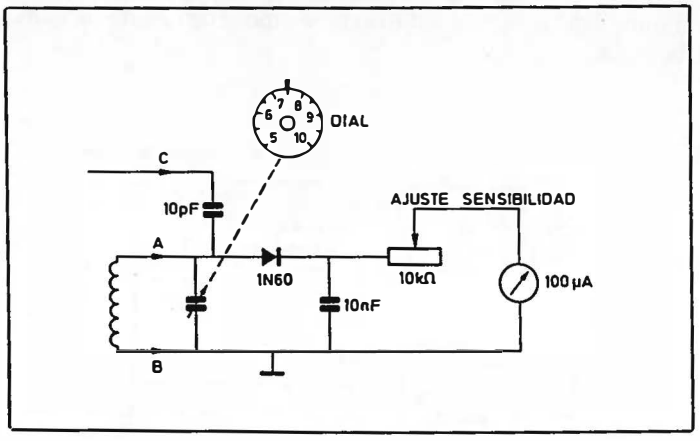



Figura 13.14 Ondámetro de absorción. Para cada gama de frecuencias puede cambiarse la bobina conectada entre los puntos *A* y *B*. En el punto *C* puede conectarse un hilo para captación de señales débiles.

### 13.11.2 Dipmeter (Medidor por mínimo de rejilla)

«Dipmeter» es el nombre en inglés de un instrumento muy útil para medir la frecuencia de circuitos resonantes, aún sin estar conectados. La traducción de «dipmeter» es la de *medidor por mínimo o por depresión de rejilla*. Estos equipos de medida nacieron con una válvula y la corriente de rejilla disminuía cuando se les aproximaba un circuito sintonizado a su misma frecuencia, porque parte de la energía de oscilación del «dipmeter» pasaba a dicho circuito. En la actualidad los «dipmeter» se construyen con simples

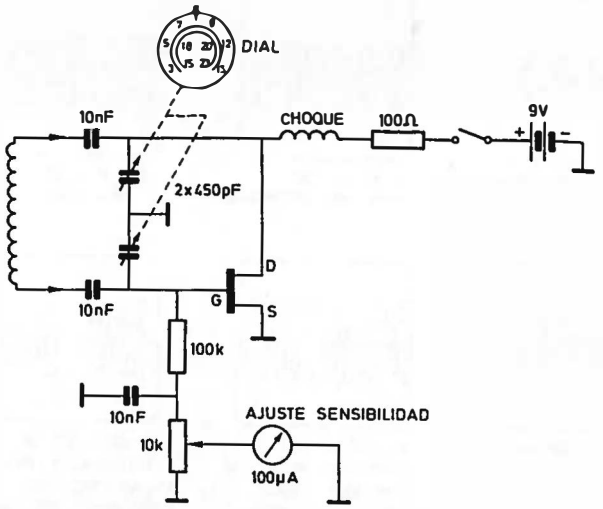



Figura 13.15 Esquema de un «dipmeter». Los pocos componentes y la simplicidad del circuito facilitan el montaje de este útil instrumento.

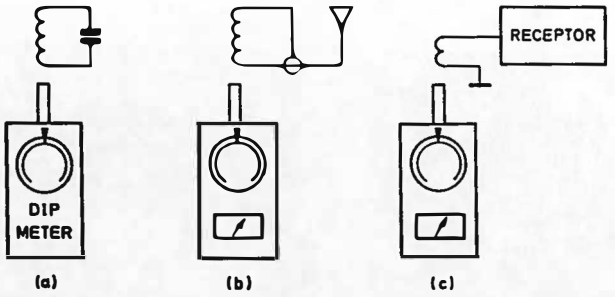



Figura 13.16 Aplicaciones del «dipmeter». En *a*) podrá conocerse la frecuencia de resonancia del circuito LC, aunque esté cableado dentro de un equipo y éste esté desconectado. En *b*) y mediante un acoplo de dos espiras, podrá conocerse la frecuencia de resonancia de la antena. Finalmente en *c*) y también mediante un pequeño acoplo, puede utilizarse el «dipmeter» como generador de señales para ajuste y comprobación de un receptor.

transistores de silicio, o con transistores de efecto de campo, pero el fenómeno es el mismo. La figura 13.15 representa un «dipmeter» con transistor de efecto de campo. El margen de la frecuencia medible dependerá de la bobina y del transistor utilizado según su frecuencia de corte. Es fácil construir los «dipmeter» para frecuencias de hasta 200 MHz. En el instrumento se puede incorporar un amplificador de corriente continua para mejorar la sensibilidad. La lectura se hace por dial circular usualmente numerado con varias escalas de frecuencia. Si, en lugar de bobina, se coloca un cristal de cuarzo, éste oscilará en su frecuencia de corte fundamental, por lo que sabremos si el cristal oscila y podremos comparar varios para apreciar su distinta actividad. Un uso muy interesante es medir la frecuencia de resonancia de una antena, para lo cual hay que hacer un pequeño acoplamiento. En la figura 13.16, se ilustran algunas de las aplicaciones usuales del «dipmeter». Cuando se desconecta la batería, el «dipmeter» se comporta como un ondámetro de absorción.

### 13.11.3 Generadores de marca

Un oscilador transistorizado y con un cristal de cuarzo es un generador de señales de radiofrecuencia muy estable y en el que se puede confiar. Por tanto, si se conoce la frecuencia resonante de un cristal de cuarzo, bastará hacerlo oscilar y amplificar la señal obtenida para emitir directamente en telegrafía, o modularla para emitir en modulación de

amplitud, o bien sumarle una frecuencia de audio y multiplicarla para obtener una señal de frecuencia modulada. Entonces la frecuencia de emisión es sumamente estable y conocida. Muchos equipos comerciales que utilizan una sola frecuencia siguen utilizando el cristal de cuarzo como patrón y generador de radiofrecuencia. En la figura 13.17 se muestran dos osciladores a cristal de cuarzo. Los radioaficionados prefieren actualmente emitir dentro de las amplias gamas de que disponen, y por ello pocas veces se utiliza el cuarzo para esta aplicación, pero si se incorpora en un receptor indica si el dial del mismo está bien calibrado. Mediante un oscilador de onda cuadrada, es posible obtener con un cristal de 100 kHz una señal muy rica en armónicos y que permitirá calibrar el receptor cada 100 kilohercios. Mediante divisores por dos es posible obtener señales armónicas cada 50 o 25 kilohercios. La mayoría de transceptores modernos de bandas decamétricas incorporan este generador de señales, llamado «marker» con armónicos de 25 kilohercios. En la figura 13.18 se da la idea de un «Marker».

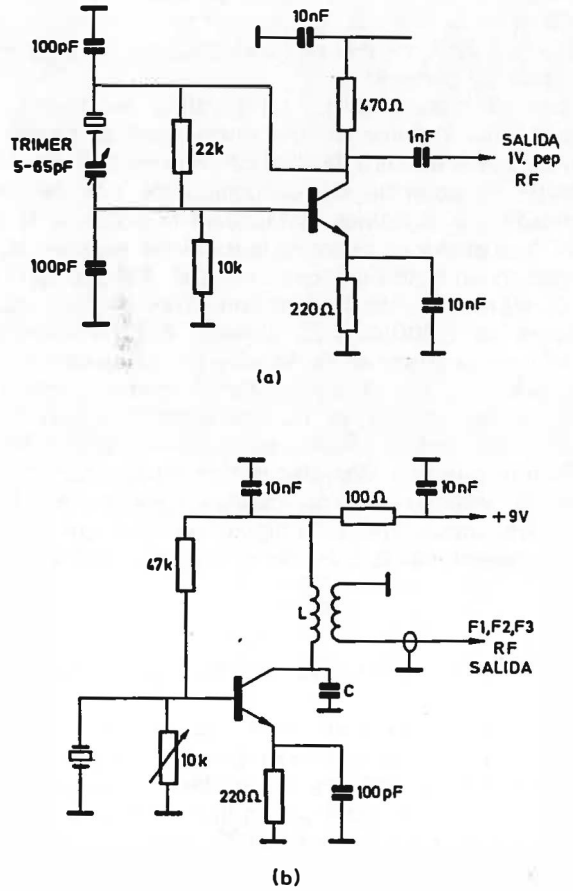



Figura 13.17 Osciladores a cristal de cuarzo para generar señal patrón. En *a*) el cristal oscila en la fundamental. En *b*), según el valor de LC, que puede sintonizarse a múltiplos enteros de la frecuencia del cristal, se obtienen frecuencias armónicas: F1, F2, F3, etc.

### 13.11.4 Frecuencímetro digital

El frecuencímetro digital es un instrumento que la tecnología moderna ha puesto en manos del radioaficionado a un coste reducido. Ha venido a sustituir los diales de los transceptores y ofrece una exactitud muy elevada, sólo dependiente de la estabilidad del cristal de cuarzo. La figura 13.19 es un diagrama simplificado del frecuencímetro. La base de tiempo, consiste en un cristal de cuarzo de 1 o bien

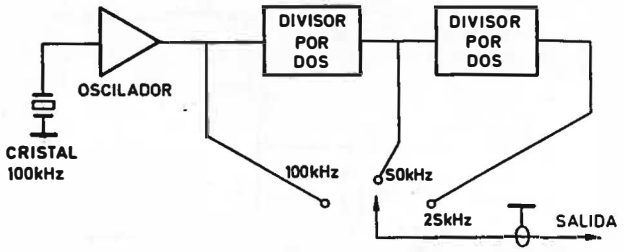



Figura 13.18 Oscilador para calibración general del dial «Marker». El selector permite escoger valores de 100 en 100, 50 en 50 o bien 25 en 25 kHz.

10 megahercios, el cual oscila generando una señal de onda cuadrada y amplitud aproximada de 5 voltios, que es el nivel de tensión que utilizan los integrados TTL (Transistor Transistor Logic). La frecuencia de 1 a 10 MHz es dividida varias veces por 10 hasta obtener una señal de 100 hercios, lo que permitirá visualizar frecuencias hasta la décima de kilohercio, que es lo usual en bandas decamétricas. En frecuencias más elevadas como 144 MHz basta visualizar el kilohercio, por lo que sólo se efectúa la división hasta obtener impulsos de 1 kilohercio. Por otro lado la señal de radiofrecuencia a analizar, que es generalmente sinusoidal, es amplificada y recortada para poder trabajar en TTL. Un circuito práctico es el de la figura 13.20*a*. Si la frecuencia es muy alta, no se puede aplicar directamente a un contador sólo capaz, por ejemplo, de 30 MHz. Entonces se pone un «prescaler», que es un divisor especial, capaz de dividir, por ejemplo, por 10, a partir de frecuencias altas, 300 MHz por ejemplo, y se obtiene una señal 10 veces menor capaz de atacar al contador. Cuando se utiliza un «prescaler», hay que correr la coma decimal un dígito.

Al contador llegan dos señales: una es la de entrada debidamente amplificada, por lo que el contador empieza a contar 1, 2,...15.000...21.100; en este preciso instante la base de tiempo envía un impulso que para al contador y este valor de 21.100 se graba en la memoria; después pasa decodificada al visualizador de diodos luminiscentes o LED de 7 segmentos. El contador vuelve a iniciar la cuenta 1, 2,... 15.000... y si la frecuencia de entrada no ha variado cuando llegue otra vez el impulso de la base de tiempo, el contador habrá vuelto a contar 21.100, por ejemplo. En caso de que la

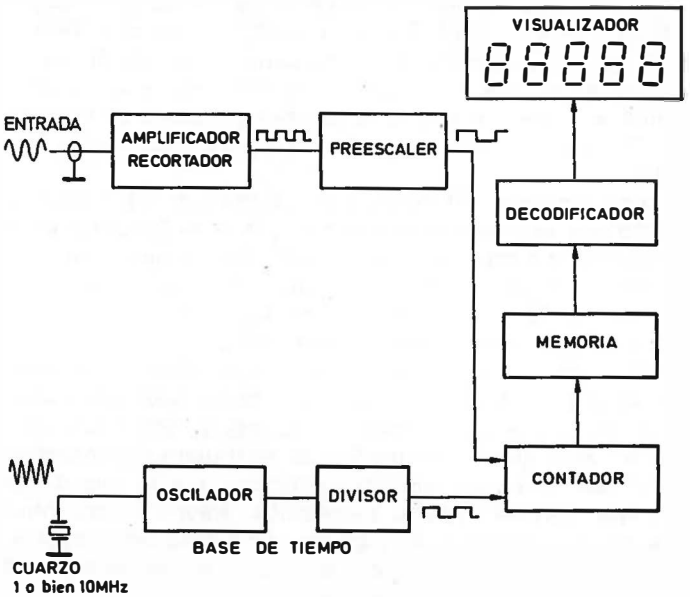



Figura 13.19 Frecuencímetro digital. Diagrama esquemático

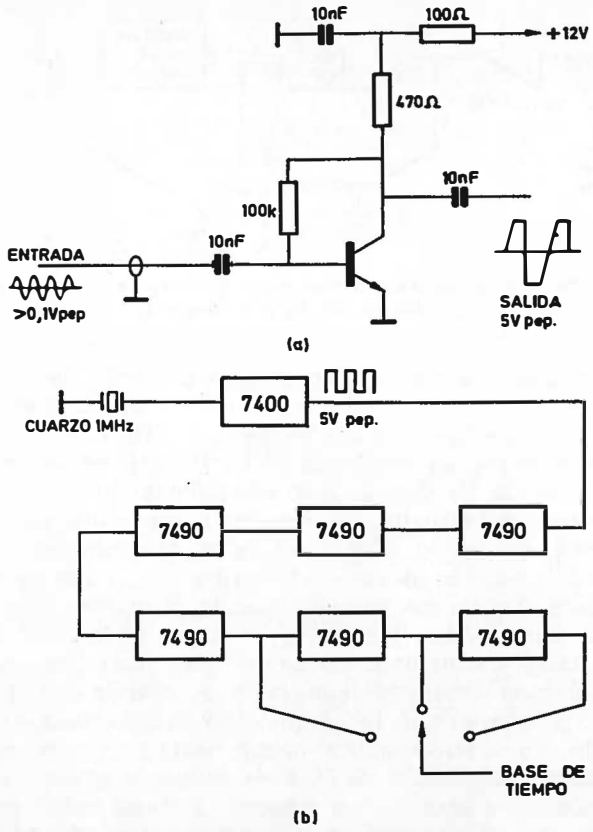



Figura 13.20 Detalles parciales del frecuencímetro digital.

frecuencia de entrada hubiera variado, el contador daría a la memoria otro valor que aparecería decodificado en el visualizador. Cuando se utilizan integrados TTL, por cada dígito son necesarios un contador, una memoria y un decodificador, además de la cadena divisora de la base de tiempo, y resulta que para montar un frecuencímetro capaz de visualizar, por ejemplo, hasta 30 MHz, harían falta unos 30 integrados. Cuando se desea proveer de un dial digital a un transceptor, resulta más simple visualizar sólo las 3 últimas cifras, programando las primeras por matriz de diodos sobre los dígitos de 7 segmentos. Así, por ejemplo, algunos equipos utilizan frecuencia intermedia de 9 MHz y le suman la del oscilador variable. Para 14 MHz el margen del OFV será de 5 a 5,5 MHz. Cuando emitamos a 14.250 kHz, bastará programar el 14 mediante matriz de diodos, y contar, memorizar y decodificar los 250 kHz, pero no de la salida, sino sobre el oscilador variable que estará en realidad a 5,250 MHz; y como el 5 no se visualizará, leeremos 14,250 MHz.

Los integrados TTL consumen 100 mA o más por unidad, por lo que se puede utilizar tecnología Low Schottky, cuyo consumo se reduce a unos pocos miliamperios por unidad. Es típico utilizar un regulador estabilizado que, a partir de 8 a 13 voltios de entrada, tenga una salida de 5 voltios. Se adaptan muy bien los reguladores 7805.

En la actualidad, la mayoría de frecuencímetros y diales digitales de los transceptores utilizan muy pocos integrados, algunos uno solo, un chip de 40 patas. Son tecnología MOS, pero dichos integrados se destruyen internamente muy fácilmente por tensiones estáticas, por lo que deben tomarse precauciones al manejarlos. Intersil, entre otros fabricantes, presenta chips que integran todo un frecuencímetro, y sólo falta adicionar unos pocos componentes, entre ellos un cristal de 10 megahercios.

Para simplificar los visualizadores o «display» se recurre al sistema de multiplexado consistente en que los 7 segmentos de cada «display» están en paralelo, y secuencialmente se da tensión varias veces por segundo a los mismos. El resultado es que aparentemente estén iluminados todos los dígitos a la vez, aunque no es así. El multiplexado reduce algunos componentes y especialmente el cableado del decodificador al visualizador, ya que debería haber 7 hilos por cada dígito, y en el multiplexado sólo hay 7, más uno por dígito en total. A veces la frecuencia del multiplexado llega a ser de 500 hercios, y si no se toman precauciones de blindaje y desacoplo del sistema digital, puede introducirse un ruido molesto en el sistema audio del receptor.

## 13.12 LA ANTENA FANTASMA (DUMMY LOAD)

Cuando se desea comprobar el rendimiento de un equipo sin conectar la antena, debe utilizarse una *antena fantasma* o *antena de carga.* Este tipo de antena convierte toda la señal de emisión de radiofrecuencia en calor. Consta de una o varias resistencias no inductivas, capaces de disipar la potencia que le entrega el paso final y presenta una resistencia equivalente a la de la antena, que generalmente suele ser de 50 ohmios.

En general bastará poner en paralelo resistencias de carbón, nunca bobinadas, de forma que al dividir su resistencia por el número de ellas dé unos 50 ohmios, y, por otra parte, la potencia de disipación de una de ellas, multiplicada por el número total, dará la potencia total a disipar. Esta potencia se incrementa si las resistencias se sumergen en un bote con aceite mineral. Así, por ejemplo, tomando 44 resistencias de 2.200 ohmios y 2 vatios, resulta una carga de $2.200/44 = 50$ ohmios. Por otra parte, la disipación de potencia es de $44 \times 2 = 88$ vatios de c.c., que puede triplicarse durante unos pocos minutos y más si se sumerge en aceite mineral. Han de tomarse precauciones especiales cuando la frecuencia utilizada es alta, 144 MHz o más. Podrán utilizarse dos placas de circuito impreso para insertar las resistencias, de rabillos muy cortos. Debe comprobarse que la antena fantasma presente una relación de ondas estacionarias muy baja, a ser posible inferior a 1:1,5.

## 13.13 VATIMETROS DE RADIOFRECUENCIA

Una preocupación normal en un radioaficionado es llegar a averiguar la potencia exacta que entrega su equipo. Esto que parece tan simple, es un problema complejo para algunos, y quienes posean un equipo de banda lateral es posible que crean que emiten con 250 vatios, y sólo emitan con 25, o viceversa.

Cuando se adquiere un vatímetro comercial, interesa conocer la gama de frecuencia que abarca; puede resultar adecuado para bandas bajas, pero no para 144 MHz, o resultar adecuado sólo para 432 MHz para cuya frecuencia se fabricó expresamente.

Cuando se utiliza un vatímetro comercial, las mediciones de potencia deben efectuarse sobre una antena de carga o antena fantasma, ya que sobre una antena normal podría producir interferencias y además la antena debería presentar una carga de unos 50 ohmios exenta de ondas estacionarias. Cuando se adquiere un vatímetro comercial capaz de medir de 1 a 180 MHz, hay que tener en cuenta que el fabricante ha tenido que incorporar compensaciones en frecuencia y

que éstas deben ser de precisión, por lo que, en general, si estos vatímetros no son muy caros, pueden dar una baja precisión cuando miden potencias a frecuencias distintas. Uno de los vatímetros clásicos es el modelo 43 de la casa BIRD, que dispone de tapones enchufables, y cada tapón sólo sirve para una gama de potencia y rango de frecuencias delimitado; hay tapones de 100 a 150 MHz y 25 W de potencia, otros tapones van de 26 a 30 MHz y 100 W, etc. La precisión de las lecturas es más elevada cuanto más se acercan los límites en potencia y frecuencia del tapón a los que se utilizan en la medición. Cuando se miden potencias con señales de amplitud modulada, frecuencia modulada o señal de telegrafía incluso de radioteletipo, y televisión amateur rápida (ATV) o de barrido lento (SSTV), los vatímetros no plantean problema e incluso un medidor de ondas estacionarias comercial puede servir para ello.

Un simple vatímetro puede ser el representado en la figura 13.21: una carga de 50 ohmios no inductiva absorbe la potencia del transmisor; como la potencia (W) es igual al cuadrado de la tensión ($V^2$) dividido por la resistencia de carga (R), o sea $W = V^2/R$, midiendo la tensión en los extremos de la resistencia de carga de 50 ohmios, podremos deducir la potencia. Como la tensión de radiofrecuencia, la rectificaremos con un diodo y aplicaremos la tensión continua a los terminales de un microamperímetro con la escala debidamente graduada en vatios.

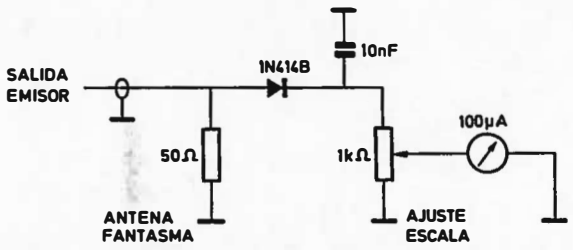



Figura 13.21 Forma de construir un sencillo vatímetro para medidas de potencia de radiofrecuencia con señales constantes.

Cuando se trabaja en banda lateral, la potencia de salida varía muy rápidamente, por lo que no serviría un vatímetro como el de la figura 13.21, porque lo que éste marcaría sería la potencia media, pero no la potencia máxima o de pico, que es la importante. Algunos radioaficionados, preocupados porque la potencia media es muy baja, incorporan compresores previos en sus equipos, para aproximar la potencia media a la potencia de pico, pero si se excede ésta, se sobresatura el paso final y se producen interferencias (véase capítulo 14, interferencias por saturación en el paso final). Para conocer la potencia de pico se precisa un osciloscopio capaz de visualizar en la pantalla la frecuencia del emisor y con la pantalla graduada en voltios (figura 13.22). Lo que se mide son las tensiones de pico y a partir de las mismas (elevando al cuadrado y dividiendo por 50, según la fórmula citada) se calcula la potencia máxima.

## 13.14 MEDIDOR DE ONDAS ESTACIONARIAS

El medidor de ondas estacionarias, o más apropiadamente medidor de la relación de ondas estacionarias (ROE) es el instrumento adecuado para medir el porcentaje de potencia que la antena retorna al emisor por no resonar o estar mal adaptada en impedancia a la frecuencia de trabajo. La figura 13.23 muestra un simple medidor de ondas estacionarias. Se

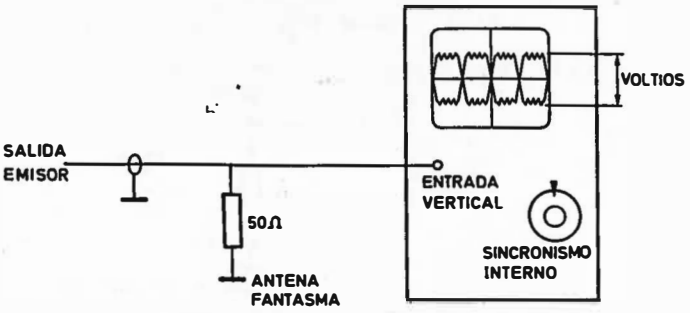



Figura 13.22 Conexión de la salida del emisor a una carga y un osciloscopio, para medida de potencias variables, como en banda lateral única.

construye dentro de una caja metálica. La entrada y la salida se hace mediante bases coaxiales SO239 e interiormente se unen con hilo de cobre plateado de 1,5 mm de diámetro. Paralelamente a este hilo se colocan otros dos de sección igual o menor, separados unos 3 mm; la longitud de estos tres hilos paralelos será de unos 80 mm. Cuando se desea conocer la relación de ondas estacionarias, se pone el emisor en marcha y se emite una onda portadora continua. Se coloca el selector en posición de medida directa de potencia y se ajusta el potenciómetro para que el instrumento de 100 microamperios tenga una desviación del cien por cien. A continuación se pone el selector en la posición de potencia reflejada, y el instrumento indicará el porcentaje de ondas estacionarias o potencia reflejada. Si este medidor está bien construido e invertimos ahora la entrada y la salida, estando el selector en la posición de potencia directa, indicará la potencia reflejada. Es una prueba para comprobación de este medidor.

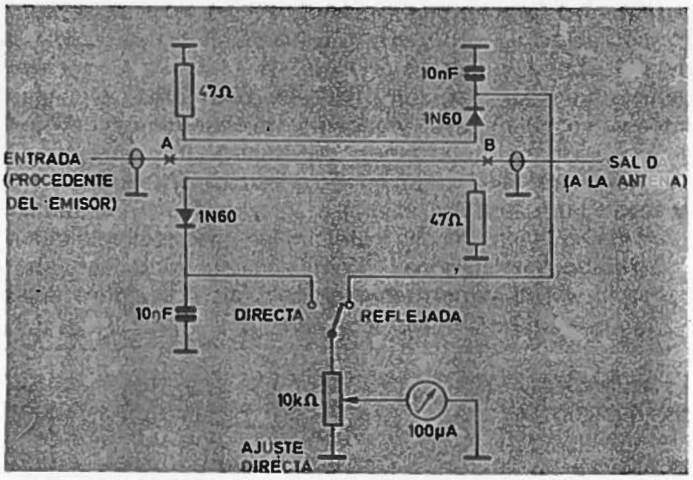



Figura 13.23 Medidor de relación de ondas estacionarias. El segmento AB es de hilo de cobre plateado de 1,5 mm de ∅ y 80 mm de longitud, sin malla y con sólo el blindaje de la caja del instrumento.

## 13.15 MEDIDOR DE CAMPO

Sirve para medir la intensidad de campo en las proximidades de una antena. La fgura 13.24 muestra el esquema de un sencillo medidor de campo. Una de sus principales aplicaciones es ajustar la antena en un automóvil. Para ello se coloca el medidor a un metro de dicha antena y se emite con portadora continua. Se ajusta el potenciómetro de sensibilidad del medidor de campo para obtener lectura a media escala. Ahora se trata de retocar la antena, hasta conseguir

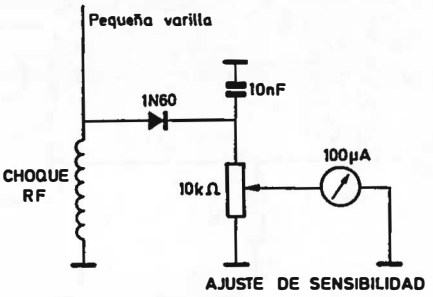



Figura 13.24 Diagrama esquemático de un simple medidor de campo.

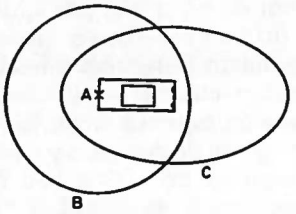



Figura 13.25 Diagrama de radiación de una antena vertical situada en el parachoques posterior de un automóvil. El diagrama resultante es la curva cerrada C, mientras que, por ser una antena vertical, se esperaba encontrar una circunferencia perfecta como la B.

que el instrumento indique mayor intensidad de campo. Naturalmente, esto corresponderá al mínimo de ondas estacionarias, pero también indicará en qué proporción es más intenso el campo si se utiliza una varilla de cuarto de onda, o bien una varilla de 5/8 de onda, o una varilla cargada con bobina, etc.

La segunda aplicación importante es obtener el diagrama de radiación de una antena, sea vertical o dipolo, etc. Cuando se monta una antena vertical en un automóvil, salvo si se monta en el techo, en lugar de ser omnidireccional, el diagrama de radiación tiene algún lóbulo más acusado debido a su montaje asimétrico, sea por montarla en el vierteaguas, en el parachoques posterior o sobre el maletero.

Para obtener el diagrama de radiación con portadora continua, se da una vuelta a la antena, manteniéndose a una distancia en que la intensidad de campo es constante. La figura 13.25 muestra que una antena A montada sobre el parachoques posterior del automóvil da un diagrama de radiación asimétrico (curva C), mientras que si fuese completamente omnidireccional, la curva hubiese sido una circunferencia perfecta, como la B.

# interferencias: causas y supresión

# 14

*Ricardo Llauradó Olivella*

## 14.1 INTERFERENCIAS SOBRE OTROS EQUIPOS

Se entienden las producidas por un transmisor de radioaficionado sobre otros equipos como televisores, radios, tocadiscos y equipos de alta fidelidad, grabadores, videocassettes, teléfonos, microcomputadores, red de alumbrado y otros. Para poder entrar en detalle, estudiaremos diversos conceptos y equipos.

## 14.2 ANALIZADOR DE ESPECTRO

Se trata de un equipo de análisis que permite estudiar la composición, forma y pureza de las señales emitidas por una estación emisora. Cualquier fábrica y todo laboratorio de calibración de emisoras están provistos de este instrumento. El analizador de espectro consta de una pantalla similar a la de un osciloscopio, aunque generalmente es más grande. La pantalla está cuadriculada y en ella aparecen las coordenadas verticales graduadas en amplitud de señal emitida, en escala logarítmica y en decibelios, mientras que en el eje horizontal la graduación corresponde a la frecuencia en megahercios, generalmente en un amplio espectro, que algunas veces puede abarcar más de 100 MHz.

Este equipo es muy costoso, por lo que no es usualmente asequible al radioaficionado, pero aquí lo detallamos por ser el que de una manera gráfica nos enseña la forma de la señal emitida con todos sus posibles defectos y que, seguramente, serán los causantes de las interferencias en los demás equipos. Las figuras 14.1 y 14.2 muestran varios ejemplos característicos de señales obtenidas en el analizador de espectro.

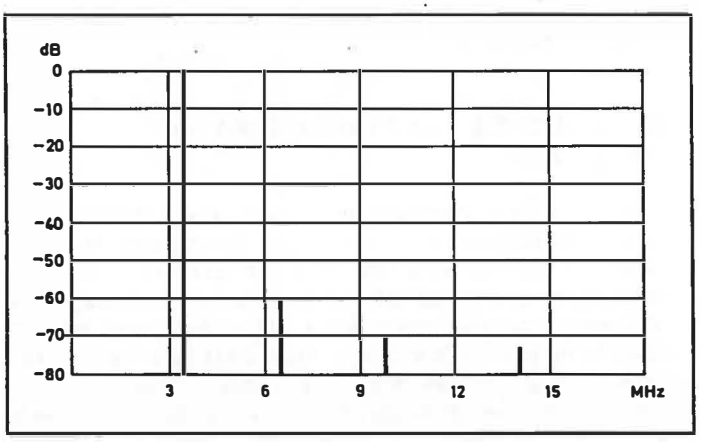



Figura 14.1 Imagen que se obtiene en un analizador de espectro. Un transmisor trabajando en 3,5 MHz e, incluso con buenos filtros de salida, entrega armónicos en 7 MHz, en 10,5 MHz y en 14 MHz. Debido a que están atenuados más de 60 dB, cumplen con las normas, pero pueden ser origen de alguna interferencia.

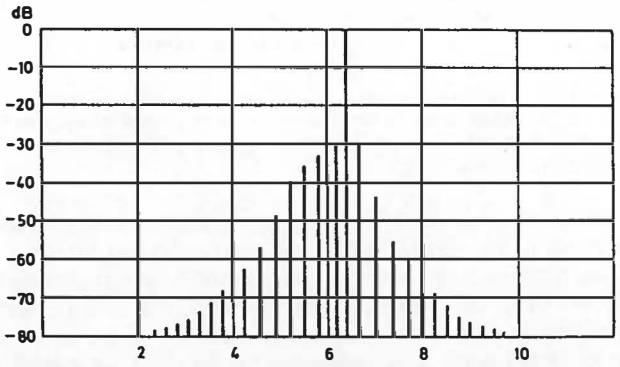



Figura 14.2 Aquí un analizador de espectro nos muestra una emisión de telegrafía en 7 MHz. Debido a la saturación del paso final por indebida excitación se producen señales espurias en torno a la señal fundamental dentro de una amplia gama, que puede abarcar varios megahercios por encima y debajo de la señal fundamental.

## 14.3 MODULACION CRUZADA

La selectividad media de un receptor superheterodino sin filtros especiales es de unos 10 kilohercios. Con filtros cerámicos se obtiene de 4 a 6 kHz y con filtros de cuarzo desde 300 a 2.500 Hz para telegrafía o banda lateral respectivamente. Esto, que llamamos paso de banda, es la cualidad denominada selectividad y es la que hace que sólo sintonicemos las estaciones que caigan dentro de este ancho. Una señal que esté, por ejemplo, 20 kHz más alta no debería ser escuchada; pero si esta señal es muy intensa, satura el primer paso del receptor, usualmente el preamplificador de radiofrecuencia e impide la correcta recepción de la señal sintonizada, la cual aparece modulada por la señal

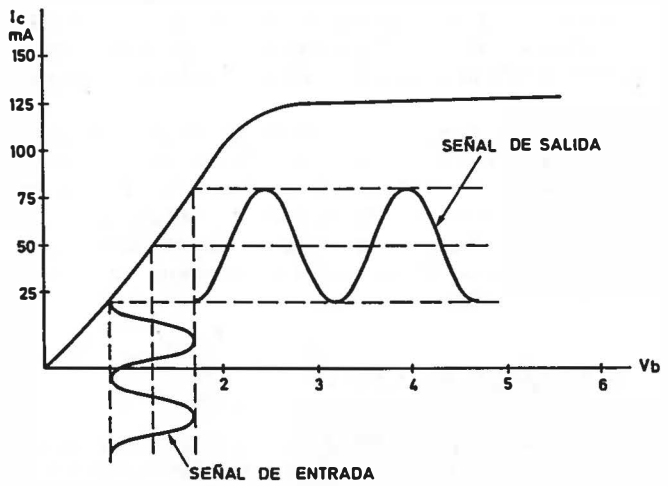



Figura 14.3 Curva de trabajo de un transistor. La señal procedente de antena entra por la base del transistor y sale amplificada por el colector.

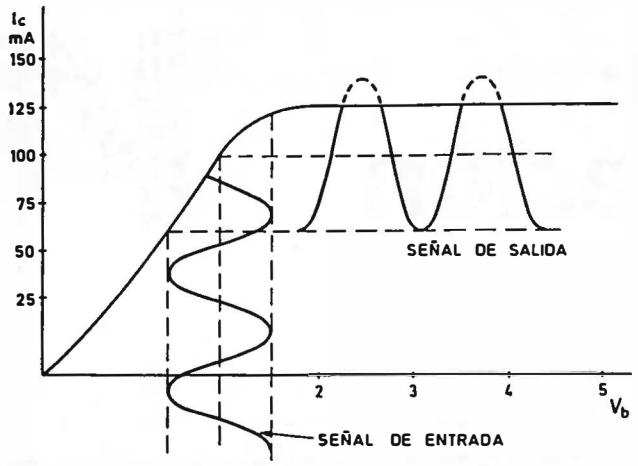



Figura 14.4 Efectos de la modulación cruzada. La señal interferente perturba el punto de trabajo correcto en la curva típica de amplificación, resultando recortada la señal de salida al ritmo de la modulación interferente o modulación cruzada.

interferente (figuras 14.3 y 14.4) y por esto recibe el nombre de modulación cruzada (cross modulation, en inglés).

La modulación cruzada se produce en mayor grado cuanto mayores son las señales próximas a la frecuencia sintonizada y esto se debe a dos factores: proximidad de la estación emisora a la receptora, o en caso de existir una distancia considerable, potencia elevada de la estación emisora, unida a una buena propagación ionosférica.

Los equipos con válvulas en la entrada de antena se saturan difícilmente, por lo que presentan escasa modulación cruzada; algo menos los que utilizan un transistor de efecto de campo (FET) y bastante más los que utilizan transistores de silicio.

Parece ser que la técnica más moderna prescinde de amplificadores de señal de antena y presenta directamente en la entrada un mezclador pasivo, seguido de una cadena de elevada ganancia en la frecuencia intermedia. Esto es posible en los receptores de 0 a 30 MHz. En los receptores para UHF y VHF es imprescindible el preamplificador de antena para mejorar la relación señal/ruido.

## 14.4 SEÑALES ARMONICAS

Al generar o amplificar una señal de radiofrecuencia, es inevitable que se produzcan señales múltiplos de la misma. Esto es debido al comportamiento no lineal de algunos componentes y en especial al llamado efecto varactor o capacidad variable en las uniones de los transistores, en especial de silicio, elemento más empleado en circuitería de RF.

En algunos casos, si un paso no está correctamente polarizado, se producen señales de forma de onda cuadrada o triangular, así como si un paso final se satura por exceso de señal de excitación. En estos casos se produce gran riqueza de armónicos, que podrán ser causa de interferencias, y su remedio consistirá en atenuarlos debidamente, sin atenuar la señal fundamental.

## 14.5 SEÑALES ESPURIAS

Este es un término de amplio y vago contenido. Se entiende por señal espuria toda señal, interferente o no, que aparece donde no debiera y que en principio debería estar corregida o atenuada. Pueden considerarse espurias las señales armónicas y las señales recibidas como imagen de la frecuencia intermedia; así pues, un receptor con FI de 9 MHz y un oscilador variable de 5 a 5,5 MHz recibirá señales de 14 a 14,5 MHz o sea suma de las señales antes citadas y de 3,5 a 4 MHz, o sea resta de las señales dichas. Naturamente, en un receptor existirá una presintonía que reforzará, por ejemplo los 14 MHz y atenuará los 3,5 MHz, pero señales fuertes de esta última banda podrían aparecer en la de 14 MHz. La mayoría de señales espurias aparecen generalmente por falta de filtrado de los osciladores locales del receptor. También son causadas muchas por saturación de los pasos finales de las estaciones emisoras.

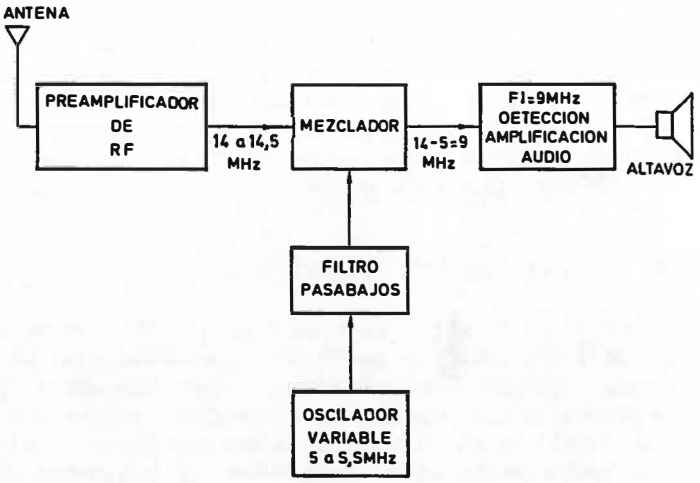



Figura 14.5 Diagrama de un receptor superheterodino. Uno de los bloques se ha indicado como filtro de paso bajo. Sin él se recibirían señales espurias debidas a los armónicos del oscilador variable.

Si desconectamos la antena de un receptor y recorremos el dial de punta a punta, es posible que sintonicemos algunas señales en forma de pitidos, soplidos o ruidos, y que necesariamente se generan dentro del receptor. A estas señales se las conoce con el nombre de «pájaros» (birdies en inglés) y en general un receptor es de mejor calidad cuantos menos «pájaros» tenga, pues su supresión obliga a un refinamiento de la circuitería electrónica del equipo, con la adición de filtros en los osciladores locales y mezcladores y muy en especial en los equipos con osciladores sintetizados y PLL (Phase Loop Lock = bucles de enganche de fase) en los que existen señales de RF con ondas cuadradas, muy ricas en armónicos.

## 14.6 «BARBAS». SATURACION PASO FINAL - ALC

Dentro de las interferencias causadas por señales espurias y con posibilidad de confundirlas con la modulación cruzada existen otras señales interferentes que se denominan «barbas» en el argot de radioaficionado. Las barbas aparecen en general como si fuera modulación cruzada pero, así como esta última es debida a la intensidad de la señal próxima a la frecuencia sintonizada y muchas veces a la poca distancia entre emisor y receptor, las barbas pueden ser originadas por emisoras que emitan con señal débil o cuya distancia a la estación receptora sea muy importante. Las barbas son causadas por emisiones de estaciones cuyos pasos finales se saturan, lo que ocurre cuando se quiere obtener más

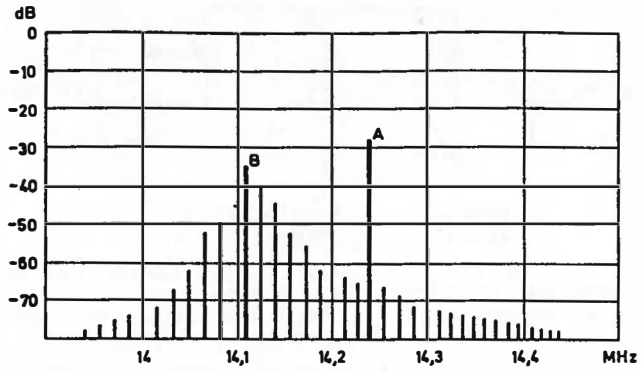



Figura 14.6 El analizador de espectro conectado a una antena muestra cómo al sintonizar una señal A en la región de los 14 MHz, puede interferirla otra señal B, incluso más débil, pero con salida acompañada de frecuencias espurias, debido precisamente a la excursión de estas espurias o «barbas».

potencia de la que realmente puede entregar el paso final. Pueden ocurrir en cualquier modalidad de transmisión y, en general, para evitarla basta reducir la potencia de excitación del paso final, lo que se logra reduciendo la ganancia de micrófono cuando se trata de modulación de amplitud o banda lateral, y bajando el nivel de portadora cuando se trate de telegrafía.

Algunos radioaficionados desean elevar la potencia de salida en banda lateral e incorporan micrófonos preamplificados o micrófonos con previocompresores. Hay que experimentar cuidadosamente el nivel máximo en que puede incrementarse la potencia de salida de un equipo, sin que se sature el paso final y consecuentemente que se empiecen a producir estas barbas.

En los casos en que disminuyendo la ganancia de micrófono o excitación del paso final no se mejora la reducción de señales espurias, esto es indicio de que existe alguna anomalía en el paso final. Si es a válvulas, puede estar mal neutralizado, y si es a transistores puede tener la polarización incorrecta. Algunos transceptores modernos incorporan un conmutador que se denomina ALC (Automatic Level Control) y es el regulador automático de nivel de salida. Este dispositivo es muy interesante porque al ponerlo en funcionamiento mantiene la potencia de salida en nivel constante a base de regular la excitación. De esta forma, si no existe otro defecto, resulta imposible producir barbas, aunque se abuse de la ganancia de micrófono. El ALC es aún más importante cuando se utiliza el transceptor conjuntamente con un amplificador lineal de uno o dos kilovatios de salida, ya que de existir algunas barbas o defectos de emisión en el emisor, estos defectos quedarían multiplicados por el factor de amplificación del amplificador lineal, y el resultado podría ser inaceptable.

## 14.7 FILTROS

Los filtros son dispositivos destinados a separar una señal indeseada que acompaña a otra fundamental. Diversos tipos de filtros pueden ayudarnos a vencer las interferencias en emisión o recepción. Vamos, pues, a estudiarlos básicamente.

### 14.7.1. Filtro de paso bajo

Como muestra la figura 14.7, mediante condensadores e inductancias es posible realizar un filtro de paso bajo. La frecuencia más alta que dejará pasar, o frecuencia de corte,

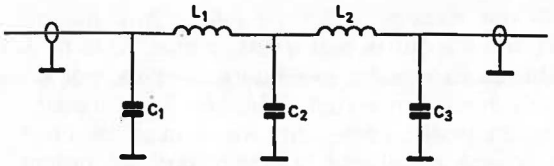



Figura 14.7 Filtro de paso bajo simple. Según se detalla en el texto, la frecuencia máxima de paso depende de los valores de los componentes y es mayor cuanto más bajos son dichos valores.

dependerá de los valores de los componentes utilizados, y cuanto más bajos sean estos valores, más alta será la frecuencia de paso. En general esta circuitería se utiliza en el filtrado de armónicos en osciladores y amplificadores de RF en baja potencia. Cuando se utiliza a la salida de un transmisor con niveles de 100 o más vatios, puede ser preferible adquirir un filtro de paso bajo comercial, que incorpora condensadores de alto aislamiento, ya que se producen tensiones de radiofrecuencia de más de 1.000 V. Entre los filtros comerciales usuales destacan los filtros «Drake»: uno con nivel de potencia media de 100 W y atenuación de más de 60 dB por encima de 40 MHz, y otro de 2 kW con atenuación de 80 dB por encima de 40 MHz. Citamos estos dos filtros por ser los más populares y resultar muy adecuados en los equipos de bandas decamétricas o HF cuyos armónicos puedan interferir canales de televisión, especialmente en la banda de VHF.

### 14.7.2 Filtro de red

El filtro de red es un caso particular del filtro de paso bajo. En efecto, se trata de un filtro que presenta una fuerte atenuación para señales superiores a unos pocos kilohercios y que, por tanto, no deja pasar en absoluto señal de radiofrecuencia. En la figura 14.8 se detalla un filtro de red típico. Los condensadores son cerámicos tipo disco, todos iguales y de unos 10.000 pF de capacidad con una tensión de aislamiento superior a 500 V, mientras que las inductancias pueden construirse con hilo esmaltado de 1 mm del grueso, arrollando 20 espiras sobre trozos de ferrita cilíndrica, y encerrando el conjunto en una caja metálica que tenga una buena toma de tierra. Como estos filtros impiden que circulen señales de RF, son útiles para conectar el transceptor a la red de distribución, evitando que sea la propia red la que transportara señales de RF interferentes a televisores, tocadiscos, etc.; pero además estos filtros pueden conectarse a los televisores, tocadiscos, etc. que estén próximos o sean comunes con la red que alimenta al emisor en cuestión. La buena toma de tierra conectada al filtro de red es importante y a veces decisiva en la eliminación de interferencias.

La toma de tierra no debe confundirse con el neutro de la red que algunos edificios tienen para evitar el paso de la

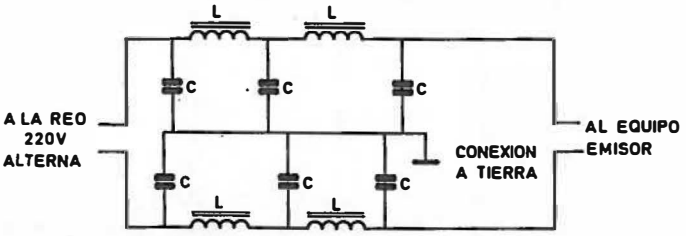



Figura 14.8 Filtro de red. Evita que se radíen por la red señales de RF. Datos constructivos prácticos en el texto.

corriente por electrodomésticos tales como máquinas de lavar, frigoríficos, etc. debido a la humedad. La toma de tierra debe hacerse clavando una piqueta metálica, por lo menos un metro y medio, en el suelo húmedo. Resulta adecuado el suelo de un jardín, patio, etc. En el caso de un edificio urbano deberá estudiarse la posibilidad de obtener una buena tierra con la estructura metálica del edificio; si no la hay, con la toma de calefacción central y, si no, con la tubería del suministro del agua. Nunca debe hacerse la conexión de tierra a la tubería del gas, ni tampoco al cable de tierra de las antenas de televisión colectiva, ya que podría obtenerse un resultado negativo. Es interesante la colaboración de un experto, pues una inadecuada conexión de tierra de los equipos puede no sólo producir interferencias, sino conducir a peligros de *shock* eléctrico.

Aún sin la adición de un filtro de paso bajo, la simple conexión a tierra de los equipos transmisores puede evitar interferencias, por lo que ésta es una de las primeras consideraciones a tener en cuenta.

#### 14.7.2.1 *Condensadores de desacoplo*

Cualquier conductor, por el hecho de ser metálico, puede comportarse como una antena y captar radiofrecuencia, y por lo tanto producir interferencias de todo tipo. No siempre es posible conectar a tierra dicho conductor, pues unas veces por él circulará corriente continua o corriente alterna de alimentación, o corriente alterna de audiofrecuencia, como es el caso de los cables que alimentan un altavoz en un sistema de amplificador y tocadiscos, por ejemplo. Pero lo que sí puede hacerse es un desacoplo mediante la conexión a tierra de los conductores mediante condensadores cerámicos de disco, llamados condensadores de desacoplo. Estos condensadores suelen ser cerámicos y de valor comprendido entre los 10.000 y 22.000 pF, y es más efectivo un desacoplo realizado con varios condensadores de distinto valor en paralelo.

### 14.7.3 Filtro de paso alto

Su función será dejar pasar señales de RF a partir de una frecuencia (figura 14.9). Son complementarias de los filtros de paso bajo. Conectados entre una antena y un receptor de televisión, impedirán que entren señales de frecuencia inferior a 40 MHz y, por tanto, evitan que las emisiones de estaciones próximas de radioaficionado que emitan en frecuencias decamétricas inferiores a 30 MHz, produzcan modulación cruzada. En el caso de edificios con antena colectiva, el filtro de paso alto se colocará entre dicha antena y el amplificador de la colectiva. El filtro de paso alto es económico, ya que no pasan por él señales de potencia elevada y ha solucionado problemas graves de interferencias en televisión y FM.

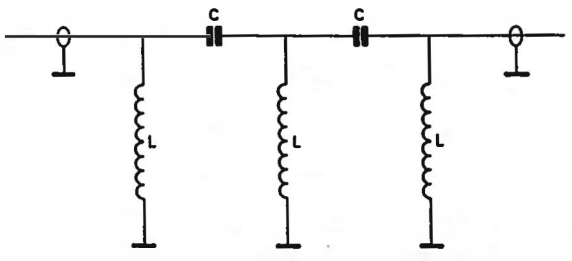



Figura 14.9 Filtro de paso alto simple. A menos inductancia y capacidad, la frecuencia de corte aumenta. Este tipo de filtros es recomendable para evitar ITV y se conecta entre la antena y el televisor.

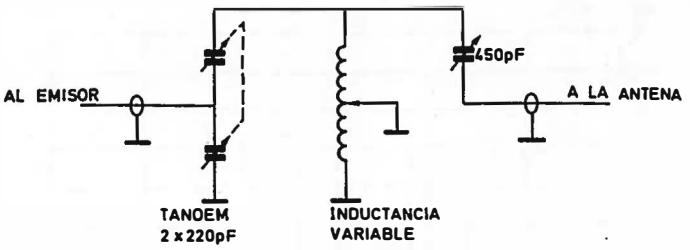



Figura 14.10 Esquema de un acoplador de antena. Cuando las potencias son del orden de 100 o más vatios, es preciso que los condensadores sean de aire y con aislamiento de 1.000 V o más, pues las tensiones de RF pueden llegar a ser muy elevadas.

### 14.7.4 Filtro de paso de banda

Se denominan así los filtros que sólo dejan pasar una gama de frecuencia; los hay anchos, estrechos, fijos o sintonizables, agudos, de respuesta plana, etc., según las aplicaciones. Los filtros cerámicos, filtros de cuarzo y bobinas sintonizadas, son ejemplos de filtros de paso de banda. Se emplean ampliamente en la circuitería de emisión y recepción de transceptores. Un caso particular del filtro de paso de banda, que nos puede interesar para eliminar interferencias, es el acoplador de antena o «transmatch».

#### 14.7.4.1 *Acoplador de antena* o *transmatch.*

En general un acoplador de antena sirve para adaptar la impedancia de un transmisor a una antena que presente ondas estacionarias elevadas. El acoplador de antena está formado por un circuito resonante sintonizable y constituye, por tanto, un filtro de paso de banda que atenúa señales armónicas hasta 20 o 30 dB, y también las señales de otras bandas que podrían aparecer como señal imagen debido a la separación de frecuencias de la FI (fig. 14.10).

## 14.8 TRAMPAS DE ONDA

Se llama trampa a la asociación de una bobina y un condensador que pueden estar en serie o paralelo con el circuito a utilizar. Tienen amplio uso en antenas para reducir sus dimensiones físicas y lograr antenas que resuenan a varias frecuencias, es decir sean multibandas, pero aquí sólo nos ocuparemos de su uso para evitar interferencias. En la figura 14.11, T1 es una trampa paralelo. L1 y C1 resuenan, según sus valores, a una frecuencia determinada F1; por T1 pasarán todas las frecuencias cualesquiera que sean, excepto la F1, para las cuales existirá una gran atenuación.

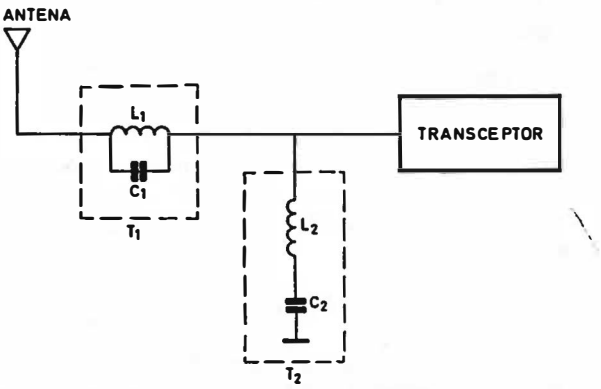



Figura 14.11 Ejemplo que ilustra el uso de trampas de onda para evitar interferencias.

En T2 sucede algo similar. Se trata de una trampa serie. L2 y C2 determinan la frecuencia F2 de resonancia. Si se recibe una señal de frecuencia F2 por la antena, será derivada a masa, mientras que para otras frecuencias no existirá ninguna atenuación. Veamos un ejemplo práctico. Tenemos una estación costera que emite en 12 MHz en la proximidad de nuestra estación. Debido a la proximidad e intensidad de la señal, nos produce grave interferencia por modulación cruzada en un amplio margen de recepción que, por ejemplo, puede ser la banda completa de los 14 MHz en la cual puede interesarnos trabajar. Prepararemos las dos trampas, utilizando hilo de cobre plateado de 2 mm de grueso devanadas al aire con un diámetro de espiras de 20 mm y en total unas 16 espiras. Luego adicionaremos condensadores de aire de unos 50 pF y elevada tensión de aislamiento y ajustaremos para recibir con mínima interferencia la señal de 12 MHz, si tenemos un generador de esta frecuencia, y si no, sintonizando la propia estación costera o dejando el receptor en la banda de 14 MHz, hasta obtener la mínima modulación cruzada. La trampa es más efectiva cuanto mejor sea el *Q* del circuito, es decir mínima capacidad con la mejor calidad de la inductancia. Pero para valores muy pequeños de la capacidad, el circuito se vuelve crítico y fácilmente se desajusta por humedad, temperatura, etc., mientras que las tensiones que aparecen en las uniones capacidad-inductancia pueden ser muy elevadas y saltar el arco de emisión. Esto puede aplicarse a todas las frecuencias, sea una estación de onda media que tengamos próxima o sea una estación de televisión o frecuencia modulada.

## 14.9 INTERFERENCIAS EN TV

Las interferencias en los televisores de los vecinos es uno de los problemas más generalizados con que se enfrentan muchos radioaficionados. Las causas de producción de interferencias en TV, llamadas ITV, pueden ser de muy amplio origen, unas veces culpa del emisor y otras culpa del propio televisor; vamos a tratar de clasificarlas:

*a*) *Antena de la emisora situada muy próxima a la antena colectiva o antenas individuales.* La figura 14.12 indica en qué zona puede colocarse nuestra antena respecto a una antena colectiva, nunca delante, pero tampoco detrás, sólo por los lados y a la mayor distancia posible. Cuando las antenas están próximas se produce modulación cruzada en los receptores de televisión, a pesar de que la diferencia de frecuencias, la nuestra de emisión y la del receptor de TV, sean muy distintas. La imagen y la voz aparecerán en el receptor de TV afectados al ritmo de nuestra modulación. La modulación cruzada se produce particularmente en modulación de banda lateral, en telegrafía, algo menos en amplitud modulada y no afecta cuando nuestra transmisión es en frecuencia modulada, ya que entonces la intensidad de nuestra emisión es constante. Soluciones: colocar un filtro de paso alto en el receptor de televisión y si es un edificio con antena colectiva, entre ésta y su amplificador general; alejar nuestra antena de la antena colectiva u otras antenas individuales; elevarla por encima de las demás; si es vertical, colocar radiales sintonizados correctamente. Una buena toma de tierra al mástil o al coaxial de nuestra bajada es muy eficaz. Ver que las bajadas y las antenas individuales estén correctas y no aparezcan rotas, o con hilos sueltos.

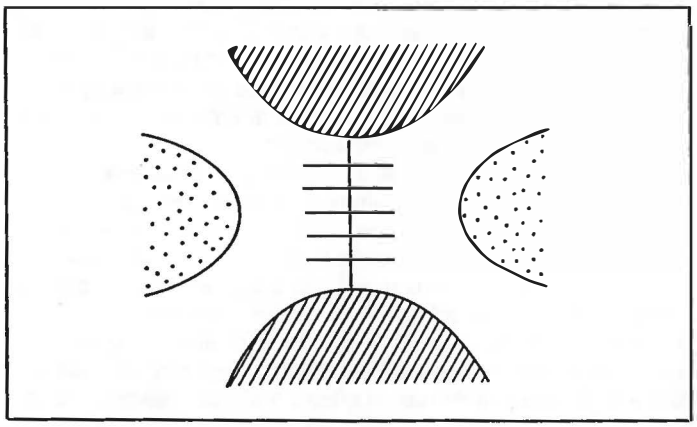


Figura 14.12 Ubicación de nuestra antena emisora respecto a una antena colectiva de televisión. Las áreas rayadas representan las zonas en que es más probable la generación de ITV. Por el contrario, las áreas punteadas son las zonas en las que preferentemente podremos instalar nuestras antenas con el menor riesgo de producir ITV.

*b*) *Interferencias por armónicos de nuestra emisión.* En general los equipos comerciales actuales tienen filtros de salida que atenúan los armónicos por encima de 50 a 60 dB. Esto a veces no es suficiente, especialmente si la señal de televisión es muy débil. Para evitar los armónicos de nuestro equipo y, en especial, cuando se trata del equipo de decamétricas que interfiere la TV en canales de VHF, las precauciones a tomar son: ver si hay posibilidad de examinar nuestro equipo con un analizador de espectro y observar si existen estos armónicos. Si esto no es posible y, por tanto, tampoco corregir el propio equipo, las posibles soluciones son: rebajar algo la potencia para no saturar el paso final y colocar un filtro de paso bajo entre nuestro emisor y la antena. Podemos colocar trampas en nuestra salida de antena o en la antena del televisor; si nuestro equipo es a válvulas, ver si está bien neutralizado. El acoplador de antena también reduce armónicos ya que es un paso sintonizado.

*c) Cuando las ITV sólo las producimos en algunos televisores y éstos son los más próximos a nuestra emisora.* Ver que nuestro equipo tenga una buena toma de tierra, colocar un filtro de red si es preciso. Comprobar que nuestro equipo está completamente blindado por chapa metálica; no importa que existan pequeños orificios de ventilación o refrigeración, pero algunos radioaficionados sacan alguna tapa o blindaje provisionalmente de sus equipos para que se «refrigeren más» por ejemplo, y ello pudiera causar interferencia.

*d*) *Estudiados los apartados anteriores aún existen ITV en algún televisor.* Comprobar si esto ocurre en una sola banda o en todas; procurar bajar potencia del paso final, no sea que se sature al mismo y se produzcan señales espurias. Si existe ALC, utilizarlo aunque en algunos equipos represente bajar potencia. Si, a pesar de ello, perduran las ITV en un solo o muy pocos televisores, podrá empezarse a pensar que estos televisores están defectuosos. Algunos televisores, especialmente los antiguos, pueden estar desajustados y nuestras señales ser captadas directamente por la FI, el discriminador o alguna otra parte de los mismos. Comprobar si los televisores tienen conexión a una antena correcta, que no esté roto el cable de bajada, o lo que es peor que no estén conectados a una simple antena de cuernos. Estas antenas pequeñas y reducidas pueden producir muchos dolores de cabeza a los radioaficionados. Si tenemos algún vecino que esté en estas condiciones y le interferimos, una de las posibles sugerencias para acabar con el problema es pedirle

permiso y pagarle la instalación de cable para conexión a la antena colectiva o antena exterior.

*e) En los casos rebeldes en que no se encuentra avería, ni remedio.* No hay que desesperarse, casi siempre existe técnicamente una solución, sólo falta hallarla, y mientras procurar no molestar a los vecinos con ITV, pues esto es lo más contraproducente, ya que pueden haber discusiones, denuncias, querellas, e incluso pleitos, multas, etc. Siempre queda el remedio de emitir en las bandas en que no se produce ITV, y si es en todas ellas, en los períodos en que no exista transmisión de TV. Algunos radioaficionados se desaniman mucho antes de haber agotado los recursos, a veces antes de haber probado los consejos más simples, como mover la antena de sitio, elevarla, buscar una buena toma de tierra, incorporar los diversos filtros, incluido el de red.

## 14.10 INTERFERENCIAS EN RADIO

También pueden producir interferencias nuestras señales en los receptores de radio de nuestros vecinos. Raramente interferiremos una frecuencia de radio inferior a la de nuestra emisión, aunque es posible por modulación cruzada y especialmente en los receptores portátiles de baja calidad. En onda corta es posible que nuestra señal aparezca en varios puntos repetidos del dial. Esto es casi siempre culpa o defecto del receptor, que capta en el punto correcto del dial, en otro correspondiente a la señal imagen debida a la FI y en varios puntos más debidos a armónicos y espurias del oscilador local del receptor. No existe solución para estos equipos denominados «musiqueros», pues además de su escasa calidad técnica, carecen de blindaje, por ser su caja de plástico. Poco se logra con estos equipos conectándolos a una buena masa u otros intentos de solución y a veces el empeño consistirá en demostrar, sin herir susceptibilidades, que el receptor en cuestión capta más cosas de las que debería. Como la principal anomalía que aparecerá será la de modulación cruzada, aun cuando sea culpa del receptor del vecino, aminoraremos el efecto, reduciendo la potencia de emisión. Si tenemos antena directiva, dirigirla longitudinalmente al receptor del vecino, de forma que éste reciba la mínima intensidad de radiación de nuestra antena. Si nuestra antena es vertical y está en la azotea, proveerla de un buen sistema de radiales y de una buena tierra. En algunos casos en que el vecino tiene conectado su receptor a una antena exterior, tratar de convencerle para que reduzca su antena o incorpore un atenuador entre ésta y su receptor para disminuir los efectos de la modulación cruzada.

## 14.11 INTERFERENCIAS EN ALTA FIDELIDAD

Concretamente nos referimos a tocadiscos, amplificadores, cassettes o grabadores de voz y videocassettes o grabadores de imagen y sonido. Con los equipos mencionados puede suceder que nuestra voz irrumpa en los mismos. Después de las ITV, este problema es el segundo en presentarse a los radoaficionados, pues los equipos de alta fidelidad son de elevado precio, y los usuarios y comerciantes de este producto no creen que las interferencias sean debidas a defectos de los mismos. En general los defectos más acusados son los de captación de la voz, debido a falta de blindaje de los cables que alimentan los altavoces, que en los casos de tocadiscos estereofónicos, al ser dobles, se comportan como una antena dipolo y además raramente están blindados. Por ello el remedio en estos casos consiste en conectar los equipos a una buena toma de tierra, efectuar desacoplos en los cables de altavoces, proveer filtro de red en la entrada de alimentación y utilizar cable blindado siempre que sea posible en la interconexión entre equipos. En general el defecto reside en los equipos y el remedio es el blindaje y desacoplo y, naturalmente, los equipos más afectados serán los que estén próximos a nuestra antena, en especial si ésta es dipolo. En algunos casos se ha escuchado la voz de los radioaficionados en tocadiscos que estaban desconectados de la red. Si nuestra antena está en la azotea, los más afectados serán los vecinos que vivan debajo de ella como los que están en los áticos y últimos pisos. Por lo tanto el remedio consistirá en elevar al máximo nuestra antena dipolo y, si es vertical, proveer un buen sistema de radiales que eviten el que la señal intensa de RF de nuestra emisión se radie hacia abajo, es decir hacia los pisos.

## 14.12 INTERFERENCIAS EN LOS MICROCOMPUTADORES

Desde hace algunos años han invadido las viviendas de particulares los miniordenadores, microcomputadores o computadores personales. Para estudios, proyectos, cálculos, o simple juego, hobby o diversión, nos vamos rodeando de «cerebros» electrónicos. La mayoría de estos equipos llevan apantallamiento por caja metálica o caja de plástico con mezcla conductora. Algunos, y en especial los antiguos y de bajo precio, no tienen esta protección y por ello pueden ser afectados por las señales de nuestra emisión. En algunos casos nuestra emisión puede dar al traste con muchas horas de estudio y cálculo, ya que, por ejemplo, se puede borrar un programa que ha requerido mucho esfuerzo y tiempo. Nunca es culpa nuestra, pero podemos aconsejar que apantallen el microcomputador, aun cuando sea pegando interiormente a la caja de plástico papel de aluminio y conectarlo a una buena toma de tierra, e incluso proveer un filtro de red.

También se pueden desacoplar y blindar todas las interconexiones del microcomputador con los periféricos, como pueden ser interfaces, grabadores, etc.

## 14.13 INTERFERENCIAS EN EL TELEFONO

Raramente ocurre, pero es posible, que los tendidos telefónicos próximos a nuestra antena se vean afectados por nuestra emisión. En algunos países las compañías telefónicas colaboran, facilitando condensadores para desacoplo ya previstos al efecto e incluso aparatos telefónicos con filtros incorporados para evitar interferencias.

En otros países las compañías telefónicas se desentienden de este problema o alegan simplemente que es defecto del radioaficionado y que debe abstenerse de radiar. Una solución es alejar en lo posible nuestra antena del tendido telefónico ya sea por traslado o por elevación. Evitar que la antena y el tendido telefónico queden paralelos, para que exista menos inducción. Por el contrario hay que buscar la orientación perpendicular. A veces también el reducir potencia ayuda a disminuir el efecto a niveles despreciables.

## 14.14 RECOMENDACIONES GENERALES

1) Si hay que elegir vivienda, preferir una torre o chalet en

| *Interferencias en:* | *Defecto* | *Causa* | *Remedio* |
|---|---|---|---|
| Televisión | Modulación cruzada | Antena próxima a la colectiva | Alejar dichas antenas.<br>Elevar la antena emisora por encima de la de TV<br>Colocar filtro de paso alto a la colectiva. |
| | Interferencias en general | Radiación por falta de blindaje en el emisor | Blindar emisor. |
| | | Entrada directa en FI televisor | Llevar a ajustar el televisor. |
| | | Saturación paso final emisor | Disminuir ganancia de micro. Utilizar el ALC, si se dispone. |
| Radio | Modulación cruzada | Proximidad | Disminuir potencia de emisión. Atenuar el receptor. |
| | Interferencias en general | Falta de blindaje, desacoplo etc | Blindar emisor, poner filtros red, poner toma de tierra. |
| | | Saturación paso final emisor | Disminuir ganancia de micro. Usar ALC. |
| Alta Fidelidad | Interferencias en general | Proximidad | Rebajar potencia.<br>Desacoplar. |
| Microcomputadores | | Falta blindaje y conexiones a una buena tierra | Poner filtro de red. Conectar una buena tierra. Blindar interconexiones. |
| Teléfono | Interferencias en general | Proximidad | Alejar antena del tendido telefónico |
| | | Falta de filtrado o desacoplo | Consultar a la compañía telefónica si dispone de equipos y componentes para desacoplar. |

Figura 14.13 Tabla resumen de interferencias

vez de un apartamento. Si hemos de escoger un apartamento, que sea el más alto del edificio.

2) Si vivimos en un apartamento, en un edificio con múltiples vecinos, ser ante todo un vecino ejemplar, tener un buen comportamiento social, es decir estar presto a ayudar y resolver los pequeños problemas de comunidad, y en definitiva ser antes que radioaficionado una persona correcta en todos conceptos. Simpatía y una cara sonriente nos abrirán todas las puertas.

3) Antes de instalar una emisora, instalar la antena, con los correspondientes avisos o permisos de los propietarios, presidentes de la comunidad, etc., según los usos y costumbres del país. Es recomendable efectuar esta instalación varios meses antes de adquirir la emisora, ya que puede haber algún vecino que al ver la antena, se queje de que su televisor sufre interferencias. Sin humillarle, se le demostrará de que ello no es posible.

4) Aún siendo el propietario del apartamento, y aun no requiriendo ningún permiso para instalar la antena, es bueno anunciarlo, a la vez de comprometerse a no causar interferencias y de hacerlas, de no emitir hasta haber solucionado técnicamente todas las causas. Esto da buena impresión y predispone a los vecinos a colaborar.

5) Cuando se han previsto todos los remedios para evitar interferencias y aún hay algún vecino afectado, estudiar si necesariamente es defecto de su televisor o equipo, tratar de ayudar al vecino afectado, incluso pagando a un buen técnico de TV para que le ajuste su televisor.

6) Si uno no es profesional de la electrónica, no intentar ajustar ningún equipo de los vecinos, pues el hecho de ser radioaficionado no implica tener profundos conocimientos de electrónica en radio y televisión; podría ser que incluso estropeáramos o desajustáramos más el equipo del vecino.

7) Siempre existe un remedio eficaz. Pero a veces cuesta encontrarlo. Hay que agotar todos los recursos en cuanto a filtros, desacoplos, etc., y siempre existirá algún radioaficionado experto en la localidad que habitamos a quien consultar. Si el vecino afectado nos indica que sólo utiliza el televisor de 21 a 23 horas, cabe la posibilidad de abstenerse de emitir durante este tiempo. En otro caso un programador sólo programaba sus cálculos durante tres horas una vez cada 15 días y antes de programar llamaba al radioaficionado para avisarle de que no emitiera. Hay que estudiar cada caso en particular y no hay unas normas generales, aunque pueden reducirse a que la convivencia hay que negociarla y que a veces exige pequeños sacrificios.

8) Aún estando el equipo en perfectas condiciones, tener toda la razón del mundo, estar bien legalizados y con todos los permisos y saber que las interferencias que existan son culpa o defecto de los equipos de los vecinos, se debe procurar no molestarlos. Es una regla de oro. Si no obráramos así, quizá comunicaríamos con estaciones tan alejadas como las antípodas o con expediciones que dan la vuelta al mundo o permanecen un año en la Antártida, pero cerraríamos la comunicación con un vecino próximo. Y, naturalmente, nos expondríamos a malas caras y a críticas. Algunos vecinos enfurecidos pueden cortarnos nuestras antenas, denunciarnos, querellarse y dirigirnos advertencias o plantearnos pleitos. Un radioaficionado europeo emitía por las tardes pero causaba interferencias en los televisores.

No deseando discusiones con la vecindad, esperó a que las dos estaciones locales de televisión acabaran su emisión, lo que ocurría aproximadamente a las 23 horas GMT. Gracias a esto incrementó notablemente sus comunicados a larga distancia, por ser esta la hora en que todo el continente americano empieza a tener los radioaficionados dispuestos para la emisión.

## 14.15 INTERFERENCIAS SOBRE LOS PROPIOS EQUIPOS

Se trata de las señales que interfieren nuestra propia recepción, siendo en algunos casos posible atenuar estas señales interferentes.

### 14.15.1 Señales de telegrafía

Se entiende que estamos escuchando a la estación de telegrafía *A* y medio kilohercio más arriba escuchando a la estación de telegrafía *B*, que no deseamos recibir. Para eliminar la estación interferente *B* podemos elegir varios caminos:

*a*) Un filtro de cuarzo más estrecho, por ejemplo de 400 Hz, que favorecerá la selectividad. La señal *B* caerá fuera del filtro y resultará completamente atenuada. Ahora bien, cuando los filtros de cuarzo son muy estrechos, la sensibilidad se perjudica en pequeña medida.

*b*) Un filtro activo de audio, que ya incorporan algunos equipos comerciales, pero que es posible adquirir por separado y colocarlo entre la salida de audio del receptor y el altavoz o cascos. Es la solución técnica más favorable porque aumenta la selectividad sin desmerecer la sensibilidad. No obstante, se presenta un pequeño problema y es que el sistema de control automático de ganancia trabaje con respecto a una señal interferente y entonces el volumen o nivel de la señal de audio de la estación telegráfica que nos interesa sintonizar varía constantemente.

Utilizando un filtro del tipo de hendidura (notch en inglés). Se trata de un circuito de *Q* muy elevado que presenta un gran rechazo o atenuación para una frecuencia ajustable. Precisamente ajustamos esta frecuencia de rechazo a la frecuencia de la señal interferente, de forma que la atenuamos o eliminamos totalmente. Algunos equipos comerciales como el NEQ modelo CQ-110, el TEN-TEC modelo OMNI-D, incorporan el «NOTCH» como característica normal, y otros como opcional.

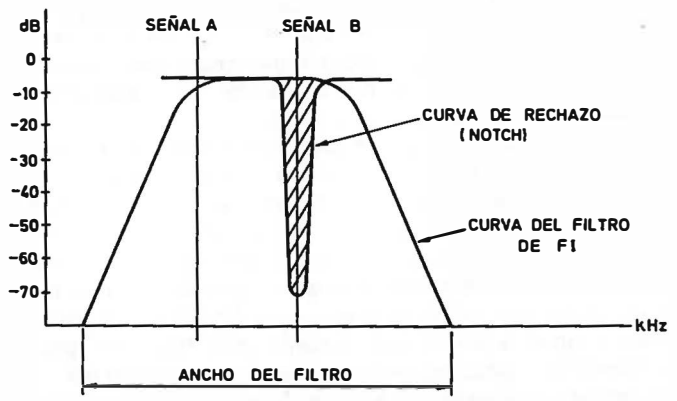



Figura 14.14 Una señal interferente B puede ser prácticamente anulada utilizando un filtro del tipo de hendidura. El área rayada es la porción de señal rechazada, pero no afecta en modo alguno a la señal A. Este tipo de filtro sólo es aplicable a señales muy estrechas, como las telegráficas.

### 14.15.2 Señales de banda lateral

Cuando escuchamos una estación A en banda lateral y otra está desplazada un kilohercio más arriba, la estación B nos interferirá. La única solución sigue siendo poner un filtro más estrecho, pero esto nos recortará el ancho de la estación que deseamos recibir y que, en general, en banda lateral es de dos kilohercios y medio. Una solución comercial que cumple muy bien esta función es el dispositivo llamado de ancho variable. Como sea que es posible colocar dos filtros en un equipo, puede desplazarse uno de ellos más arriba o más abajo de la frecuencia, de forma que, al no coincidir, recortan la frecuencia pasabanda total del equipo. Desplazando un filtro hacia arriba o hacia abajo, es decir en sentidos positivos o negativo, eliminamos parte de una de las dos estaciones y, naturalmente, eliminamos la estación interferente. El resultado no es brillante. La estación interferente sólo queda atenuada en parte y la estación que deseamos escuchar queda un poco distorsionada, pero esto siempre es mucho mejor que no entender nada por haber dos estaciones hablando a la vez. Véase figura 14.15.

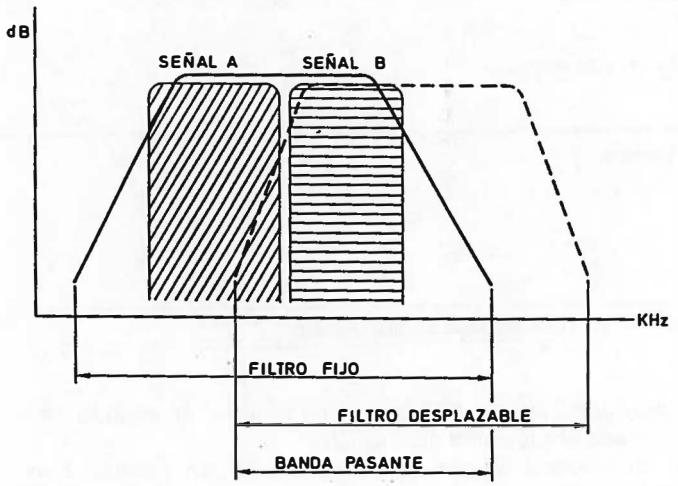



Figura 14.15 Utilización del ancho variable en la FI. Al desplazarse uno de los filtros, la banda pasante se reduce y puede lograrse que una de las señales, en este caso la A, quede prácticamente fuera de la misma, atenuándose y quedando solamente la señal B, que nos interesaba sintonizar.

### 14.15.3 Señales de origen eléctrico

Existen de dos tipos, las de origen atmosférico debidas a las descargas eléctricas en las tormentas, y las de origen artificial en las que se incluyen señales provenientes de las escobillas de los motores eléctricos de bombas, máquinas secadoras de pelo, molinillos de café, diversos electrodomésticos, circuitos de encendido de motos y automóviles, arcos eléctricos de soldadura eléctrica, etc.

Estas señales son molestas y según cual sea su intensidad pueden llegar a anular la inteligibilidad de la estación sintonizada por los crujidos que producen en baja frecuencia.

Se han estudiado estas señales interferentes de tipo eléctrico y se ha comprobado que son de muy corta duración. Es, por tanto, factible realizar un supresor de ruido (noise blanker) partiendo de la idea de que estas señales interferentes son de corta duración, pero de mayor intensidad que las señales sintonizadas. Se amplifica la señal recibida hasta atacar una etapa de audio que deja de funcionar si la señal interferente llega a cierto umbral (figuras

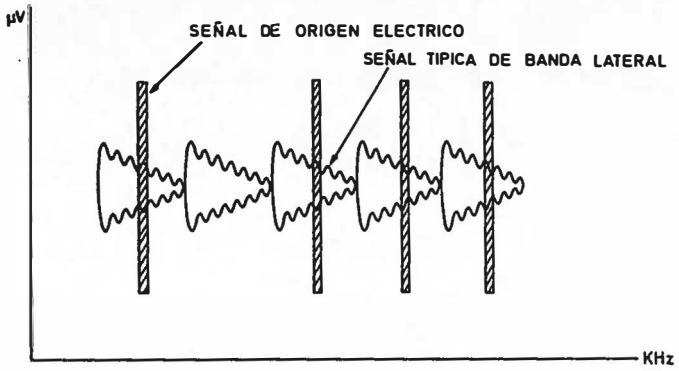



Figura 14.16 Señales típicas de banda lateral y de origen eléctrico que mostraría un osciloscopio adaptado para estudiar las señales recibidas. Podrá apreciarse que, aunque las señales eléctricas sean muy intensas, su duración es muy corta.

14.16 y 14.17). El hecho de que el altavoz se enmudezca durante unas milésimas de segundo no mengua la inteligibilidad del mensaje. El supresor de ruido es muy útil, especialmente en servicio móvil, donde las interferencias producidas por las chispas de alta tensión existentes en las bujías de los motores de explosión podrían resultar muy molestas. No obstante, no todas las señales de origen eléctrico pueden suprimirse. La condición esencial es que exista una diferencia notable entre la intensidad de estas interferencias y las señales sintonizadas. Cuando estas señales de origen eléctrico son de procedencia lejana, como en el caso de tormentas, aparecen como un rumor o ruido de fondo, que no es posible amplificar separadamente de la señal de una estación, y que por tanto, no puede activar al supresor de ruido.

### 14.15.4 Otras señales interferentes

*a*) *Ruido cósmico* o galáctico, producido por las radioestrellas, presente a partir de 15 MHz y en especial de 50 a 500 MHz.

*b*) *Iluminación fluorescente,* rótulos luminosos con tubos de neón, aparatos de aplicaciones médicas que usan RF como el bisturí electrónico, hornos de microondas, líneas de transmisión de muy elevada tensión y que por efecto corona producen descargas sostenidas en la atmósfera circundante. Estas y algunas otras fuentes de origen humano aumentan el ruido de fondo que se escucha en los receptores.

*c*) *Ruido térmico.* Producido por la agitación de los electrones. Es proporcional a la temperatura absoluta. Se produce en la antena, y en casos muy especiales de aplicaciones científicas, investigación, etc. puede disminuirse refrigerando la antena con helio líquido. También se produce ruido en la propia circuitería del receptor, aunque hay ruido que no es térmico. Los transistores tienen un factor de ruido inherente, que se mide en dB. Es muy importante que, en especial en las primeras etapas de un receptor, el factor de ruido sea muy bajo, ya que este ruido será después amplificado miles de veces por las siguientes etapas.

*d*) *Señales armónicas.* Algunas estaciones comerciales de onda media y corta operan con muy altas potencias y, a pesar de sus filtros, llegan a emitir señales armónicas. No es pues extraño que algunas estaciones que emiten en 7.100 a 7.150 kilohercios, con hasta un megavatio de potencia, tengan armónicos en 14,2 a 14,3 MHz y en 21,3 a 21,450 MHz; todas estas frecuencias pertenecen a radioaficionados, aunque no la de 7,100 a 7,150 MHz. Estos armónicos pueden ser de hasta algunos kilovatios, por lo que, cuando la

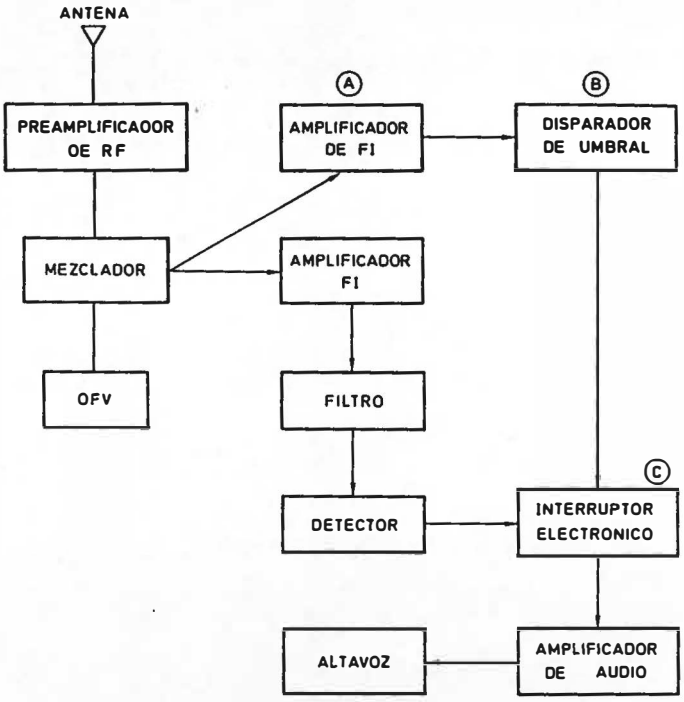



Figura 14.17 Esquemas de bloques de un receptor completo. Los bloques A, B y C constituyen el llamado supresor de ruido.

propagación es favorable, pueden llegar a ser muy molestos y a interferir nuestras bandas. Es interesante pasar estos datos a las agrupaciones locales de radioaficionados, para que de esta forma lleguen los comunicados a los organismos internacionales sobre asignación de frecuencias como la ARRL, la WARC, etc.

*e*) Actualmente en todas las bandas decamétricas existe una interferencia muy molesta, cuyo ruido se asemeja al de un helicóptero. Parece ser que esta interferencia proviene de un *radar transhorizonte*, es decir de un radar para detección de misiles de baja altura. Opera con varios megavatios y su frecuencia es continuamente variable. Aún cuando se han elevado protestas y se cree conocer su ubicación, esta interferencia sigue en vigor. Afecta principalmente a las bandas de 14 y 21 MHz si bien la molestia suele durar sólo fracciones de minuto.

*f*) *Ruidos aleatorios.* Los alambres de tender ropa para secar, cuando son movidos por el viento, pueden variar su contacto eléctrico en las sujeciones extremas. Si estos alambres están próximos a nuestras antenas pueden producir ruidos aleatorios, es decir que no obedecen a ninguna ley; se producen fortuitamente; a veces parecen señales telegráficas indescifrables y la averiguación de su origen puede desalentar al radioaficionado más experto.

También pueden aparecer como ruidos aleatorios los zumbidos y ruidos de origen claramente eléctrico pero ilocalizables, como es el caso de las líneas de alimentación de edificios en los que exista un contacto débil y, al sobrepasar una cierta intensidad, se produzca una chispa por mal contacto; también pueden producirse pequeños arcos por mal aislamiento en zócalos de baquelita de interruptores y enchufes. Algunos ruidos interferentes que empiezan por la noche y terminan por la mañana son debidos a anuncios luminosos o alumbrado público, pero los aleatorios no obedecen a ninguna ley y a veces pueden desaparecer durante días; por ejemplo, en tiempo seco desaparece la humedad entre los conductores culpables y con motivo de una débil llovizna, reaparecen más bruscamente.

# estación de radioaficionado: técnicas de operación

# 15

*Julio Isa*

## 15.1 DISPOSICION Y OPERACION DE UNA ESTACION

La ubicación de una estación de radioaficionado en el interior de una vivienda es un problema que tiene muchas soluciones.

El cuarto de la radio («shack» entre los anglosajones) va desde un pequeño armario en cualquier lugar de la casa, en el que los equipos quedan escondidos cuando no se utilizan, hasta una habitación completa destinada exclusivamente a la radio; incluso algunas estaciones, muy pocas, disponen de un cuarto completamente separado de la vivienda en el que se puede hacer radio sin molestar ni ser molestados. En cualquier caso hay una serie de normas generales que hay que tener en cuenta a la hora de determinar cómo se va a instalar la estación. Estas normas generales se refieren a comodidad, seguridad y espacio.

Una vez tenemos la estación instalada se pueden realizar comunicados, teniendo en cuenta, al realizarlos, que existen una serie de normas que deben respetarse. Además de los condicionantes que marca la ley, los radioaficionados, como pasa en casi todas las actividades especializadas, tienen su propio lenguaje y manera de trabajar. No basta conocer la ley y tener una micrófono o manipulador en la mano.

La radioafición cuenta con casi setenta años de antigüedad y en este tiempo se han ido estableciendo una serie de usos y costumbres que, si bien no aparecen en ningún reglamento, están tan fuertemente arraigados que aquél que no los conozca tendrá muchas dificultades a la hora de realizar un comunicado.

## 15.2 UBICACION DE UNA ESTACION

### 15.2.1 Comodidad

Lo primero en que hay que pensar al instalar la estación es en la comodidad. Tanto la mesa de trabajo como la silla y la disposición de los equipos deben acomodarse a la constitución física del operador y permitir escribir y manipular los equipos con el mínimo de fatiga.

La mesa de trabajo, además de permitir la instalación de todos los equipos, bien sea encima de ella o con estanterías, debe tener suficiente espacio para escribir con comodidad ya que el radioaficionado está obligado por la ley a anotar y conservar todos los comunicados que efectúe. La altura debe estar de acuerdo con la del operador para permitir una posición ni demasiado inclinada ni demasiado erecta a la hora de escribir.

La silla también debe estar de acuerdo con el operador. En general no es recomendable una silla demasiado blanda. La silla ideal debe ser dura o semidura y con el respaldo no demasiado alto.

Normalmente, delante del puesto de operación se pone el receptor principal o el transceptor, ya que es el elemento que más se maneja. Algunos operadores prefieren ponerlo ligeramente a un lado para que, al llevar la mano hacia el equipo no, se interfiera con los papeles. El control del motor de antena, si existe, también debe estar en lugar de fácil acceso. El resto de los equipos se colocan convenientemente alrededor. Hay que tener en cuenta que los equipos susceptibles de generar calor no deben apilarse nunca, ya que ello dificulta la ventilación y los equipos de arriba se ven sometidos al calor de los de abajo. A los equipos a válvulas, amplificadores de potencia y fuentes de alimentación hay que dejarles suficiente espacio para ventilación. Si ésta no es posible hay que colocar pequeños ventiladores silenciosos que favorezcan la circulación de aire. Este punto es muy importante cuando se instala la estación en pequeñas consolas o sistemas de estanterías de difícil ventilación. Cuando los equipos tienen fuentes de alimentación separadas, lo mejor es dejarlas en el suelo debajo de la mesa, con lo cual alejamos una posible fuente de calor. Si la fuente tiene el sistema de encendido desde el propio equipo no hay problemas; si no es así, hay que poner un interruptor remoto próximo al puesto de operación.

El micrófono y la palanca del manipulador deben quedar en una posición de fácil acceso. En el caso del micrófono, lo

Figura 15.1 Estación de EA3YO. Muestra una estación con multitud de aparatos dispuestos en estanterías.

ideal es utilizar uno de peana en una posición en que se pueda hablar casi sin moverse ni moverlo y utilizar el sistema VOX que casi todos los equipos incorporan. La palanca o llave del manipulador debe quedar en una posición en la que el movimiento del brazo desde el papel de escribir hasta ella sea el mínimo posible, y debe estar lo suficientemente dentro de la mesa para que el codo quede apoyado en ella cuando la mano actúa sobre la palanca.

Los auriculares, que resultan indispensables cuando se opera en ambientes ruidosos o no se quiere causar molestias con el altavoz, deben ser cómodos para el operador. El cable de los auriculares se debe llevar de tal forma que no estorbe la escritura. Una buena solución es colocar un jack para ellos debajo de la mesa, a un lado del puesto de operación. Este jack estará conectado como una prolongación del que lleva el equipo mediante un cable por debajo de la mesa; de esta forma se consigue que el cable de auriculares no constituya un estorbo encima de los papeles. Esta solución también puede aplicarse para el micrófono, con lo que ningún cable queda encima del puesto de operación.

Todos los indicadores necesarios para la comprobación del buen funcionamiento de la estación (indicadores de potencia, miliamperímetros, etc.) deben quedar de manera que sean fácilmente observables desde el puesto de operación.

Toda estación de radioaficionado que se precie, debe poder efectuar el paso de transmisión a recepción en una sola operación. Sea cual sea el número de aparatos que deban conmutarse, emisor, receptor, amplificador de potencia, etc., todos deben efectuar la operación con una sola orden. A este efecto, la mayoría de equipos comerciales y aquéllos construidos por el propio aficionado, deben tener una salida de relé libre con la que se pueda conmutar una caja de mandos que permita el cambio a todos los equipos implicados. Esta caja de mandos admite todas las variantes posibles. Los relés que se empleen en esa caja deben ser de tensión reducida, 12 V o menos, ya que no es conveniente utilizar tensiones más altas que puedan resultar peligrosas.

Además de todo esto, es muy conveniente tener un mapa de los prefijos del mundo en una posición que permita su fácil lectura desde el puesto de operación y cualquier otro plano o listado que sea útil en el momento de operar.

Figura 15.2 Estación del autor. Ejemplo de cómo disponer una estación sobre una mesa sin estanterías. Los equipos apilados a la izquierda son la fuente de alimentación de 12 V, el motor de antena, el manipulador electrónico y el filtro de audio, ninguno de los cuales genera calor.

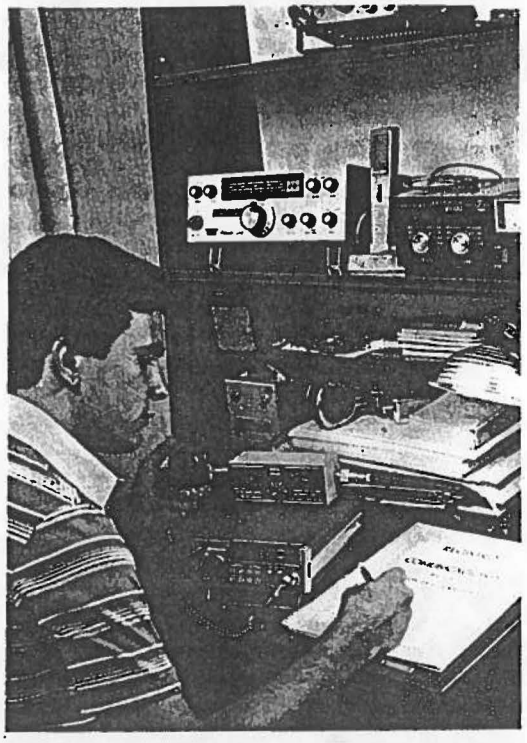


Figura 15.3 Muestra de pequeña estación ubicada en un hueco de una librería.

En ninguna estación debe faltar un reloj que indique la hora, ya que ésta se debe anotar siempre que se hace un comunicado. Son preferibles los relojes de tipo digital, por ser su lectura inmediata, y ajustados a la hora universal (GMT) que es la que se emplea en los comunicados internacionales.

La iluminación es otro punto importante. Durante el día, si es posible, debe emplearse luz natural pero procurando que el sol no incida directamente sobre los equipos o el puesto de operación.

Por las noches (o cuando no es posible la iluminación natural) la mejor iluminación se obtiene con un punto de luz que ilumine directamente el puesto de operación con la suficiente intensidad y otro que ilumine al resto de la habitación. No es conveniente que ésta permanezca a oscuras debido a la fatiga que produce en la vista el estar cambiando continuamente el grado de iluminación. Las lámparas a utilizar deben ser del tipo incandescente. La utilización de lámparas de descarga o fluorescentes, no es en absoluto recomendable, puesto que, aunque no sea perceptible, parpadean continuamente produciendo fatiga ocular. Sólo cuando se pueden poner varias unidades convenientemente separadas unas de otras y a la suficiente distancia del punto de trabajo se deben emplear este tipo de luces.

La interconexión de los equipos debe hacerse con los cables y conectores adecuados. Si el número de equipos y accesorios es muy grande, todas las interconexiones deben marcarse convenientemente con el fin de no cometer errores a la hora de efectuar algún cambio. Todas las conexiones, excepto las de corriente, deben hacerse con cable coaxial aunque no sea estrictamente indispensable. Una conexión no blindada puede ser una fuente de zumbidos o incluso de interferencias, especialmente cuando se trabaja con alta potencia en el transmisor.

Con los modernos equipos que suelen llevar gran cantidad de circuitos integrados, o con los microprocesadores que se utilizan en RTTY y para manipuladores automáticos, una

conexión sin blindar, que en ausencia de RF puede ser perfectamente admisible, puede causar la avería del equipo al actuar los cables como antena y captar niveles de RF demasiado altos. En el caso de que estos equipos lleven protección contra este efecto, esto se suele obtener mediante diodos que pueden producir armónicos que causan interferencias a la TV.

Los filtros de armónicos, que no deben faltar en ninguna estación, deben conectarse lo más próximos posible al transmisor, con el cable más corto posible y conectando su caja directamente a la tierra de la estación.

### 15.2.2 Seguridad

Toda estación de radioaficionado debe tener unos niveles de seguridad de funcionamiento irrefutables, tanto para el operador como para el resto de las personas de la casa. Si en la vivienda hay niños pequeños, las medidas deben extremarse, con el fin de que no pueda haber contactos accidentales con ningún punto sometido a corriente, sea del voltaje que sea.

Lo ideal es mantener todos los equipos, así como sus tomas de alimentación, encerrados bajo llave, bien sea en un cuarto o en un armario.

La mayoría de estaciones recurren a la instalación eléctrica de la vivienda para la toma de corriente. Si el equipo no tiene demasiada potencia esto es factible con algunos inconvenientes. En primer lugar, una avería del equipo o una operación incorrecta de éste, puede dejar a toda la vivienda sin luz. En segundo lugar, si la estación tiene más de un equipo a enchufar —lo cual es bastante usual— y no se dispone de más de un base de enchufe en un determinado lugar, ha de recurrirse a los enchufes múltiples, vulgarmente llamados ladrones, lo cual no es aconsejable.

La solución ideal es realizar una instalación totalmente separada de la del resto de la vivienda. Cuando se emplea alta potencia esta solución es indispensable, pues de lo contrario todas las luces de la vivienda parpadearían de acuerdo con el consumo del transmisor.

En España la normativa de instalaciones de Baja Tensión exige que todas las viviendas tengan unos dispositivos de protección que consisten en un interruptor magnetotérmico, que controla toda la instalación de la casa, y un relé diferencial.

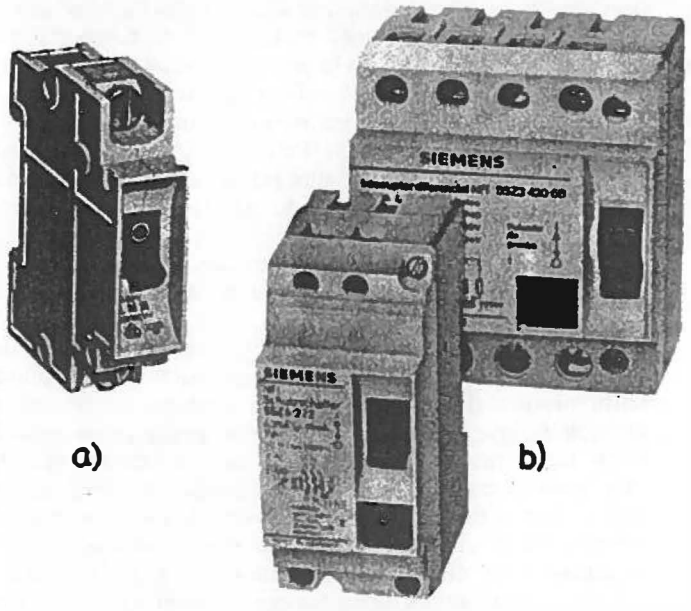



Figura 15.4 *a*) Interruptor magnetotérmico; *b*) relé diferencial.

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo automático que se dispara cuando el consumo total de corriente en toda la vivienda supera el valor contratado y para el que está diseñada la instalación. En la mayoría de viviendas este disparador está diseñado para una potencia de 4.400 vatios.

El relé diferencial es un dispositivo que controla las posibles fugas en la instalación. En el momento en que, bien sea porque alguien toca accidentalmente un cable o por defectos de aislamiento, una parte de la corriente está siendo derivada a tierra por un camino distinto del habitual, se dispara el relé y desconecta la instalación. En las instalaciones domésticas el ajuste de este dispositivo se efectúa para unas fugas de 30 mA como máximo, que constituyen un nivel de seguridad bastante aceptable.

Después de estos dos dispositivos se suelen instalar una serie de interruptores magnetotérmicos, de menor capacidad que el principal, para controlar las diferentes líneas de la casa.

Una vez se ha producido el disparo de cualquiera de ellos, no pueden volver a armarse hasta que no se subsane la avería que causó su disparo.

En las instalaciones antiguas se sigue encontrando el clásico sistema de llaves de accionamiento manual y fusibles.

En cualquier caso, lo mejor que se puede hacer es tender una línea de sección suficiente para soportar el consumo previsto de la estación sin peligro y montar un cuadro de mandos a base de interruptor diferencial y magnetotérmico al lado de la estación. El cable lo debemos conectar inmediatamente después del relé diferencial o de los fusibles principales según sea el caso, con lo cual el resto de las instalaciones de la vivienda no se verán afectadas por la estación.

Los interruptores diferencial y magnetotérmico de la estación deberán estar calibrados para un consumo menor que el total de la casa y deben interrumpir todas las líneas de corriente que llegan a la estación, incluidos el neutro de la compañía suministradora.

Hay que prestar atención al hacer este tipo de instalación, ya que en algunos edificios pueden entrar dos fases y el neutro de la compañía y las tensiones que obtendremos serán distintas según tomemos una fase y el neutro o dos fases.

Colocando el cuadro de mandos mencionado en un lugar accesible tendremos dos ventajas: en primer lugar no afectaremos al resto de la vivienda con nuestra estación y en segundo lugar tendremos un sistema de desconexión total de los equipos, rápido y eficaz, extremo éste muy importante en caso de emergencia o de no utilizar la estación.

Evidentemente este cuadro de mandos tiene que estar en lugar inaccesible para los niños si los hay. Un buen sistema es mantenerlo en lugar cerrado bajo llave cuando no se está operando la estación.

En caso de no poder realizarse una instalación de este tipo, siempre tiene que existir un interruptor general que corte la corriente a la estación, de tamaño y calidad suficientes para actuar con seguridad y que sea fácilmente accesible desde el puesto de operación.

A partir del interruptor principal debemos instalar un número suficiente de bases de enchufes, bien sea en la mesa o en una regleta al efecto, para enchufar todos los equipos sin recurrir a los múltiples o cualquier otro tipo de acoplador. La iluminación de la estación no debe conectarse a esta línea ni tampoco el reloj eléctrico.

Todos los equipos deben tener su propio fusible o dispositivo de seguridad según el consumo previsto. En ningún caso, y por ningún concepto, debe variarse la calibración de estos fusibles.

Si se funden y están debidamente dimensionados, hay que averiguar lo que está funcionando mal en el equipo y no recurrir a poner un fusible mayor, pues se corre el riesgo de averiar seriamente el equipo e incluso de producir un incendio.

*Toma de tierra.* Este es el último elemento de seguridad de toda estación de radioaficionado. Siempre que sea posible debe haber una buena toma de tierra a la que se deben conectar todos los chasis metálicos de los equipos y la estructura metálica de la antena.

Habitualmente se cometen varios errores al establecer una toma de tierra.

No se deben utilizar, bajo ningún concepto y en ninguna circunstancia, las instalaciones de fontanería o calefacción para conectar la toma de tierra. En primer lugar, está prohibido por el reglamento de Baja Tensión actualmente vigente en España. En segundo lugar, si bien en algún caso puede ser efectivo, con la utilización creciente de plásticos en ese tipo de instalaciones, lo más normal es que la tierra así conseguida sea muy poco eficaz, y se corre el riesgo de introducir corriente eléctrica en esas instalaciones con el consiguiente peligro para los usuarios. Se puede argumentar que el agua es muy buena conductora de la electricidad, pero ésto es cierto para el agua salada, no para el agua potable. Por razones mucho más evidentes no se deben utilizar las conducciones de gas ciudad o cualquier otro conducto que transporte combustibles.

Tampoco debe utilizarse como tierra el neutro de la compañía suministradora. Este cable, si bien es la tierra de la compañía, sólo lo es en origen. Cuando llega a nuestra vivienda su misión es servir de retorno en el caso de que, por algún motivo, exista un desequilibrio entre las fases activas. A nivel general, el sistema trifásico con el que las compañías suministran corriente se encuentra equilibrado, pero a nivel local, en nuestra casa o en una zona determinada, o cuando falla una de las fases, el equilibrio no existe casi nunca y el neutro es el encargado de restablecerlo. El autor ha comprobado que el neutro prácticamente nunca se encuentra sin tensión y que en algunas ocasiones se encontraba a tensiones tan elevadas como 50 V respecto a una tierra efectiva.

Existen tres sistemas distintos para conseguir una tierra efectiva.

El primero es procurársela uno mismo. Sólo es posible para quienes tienen jardín o la posibilidad de acceder al terreno sobre el que descansa el edificio. Se clavan en el suelo una o varias picas de acero cobreado de una longitud de 2,5 metros y, mediante abrazaderas, se unen entre sí con cable de cobre, y al cable que va hasta la estación. Este cable debe ser de cobre y de sección suficiente para que la tierra sea efectiva. La ubicación de las picas se debe hacer en sitio húmedo, a poder ser donde no dé el sol y regar periódicamente la zona para que el terreno mantenga la mayor humedad posible. Es el mejor sistema y proporciona una tierra de gran calidad, pero desgraciadamente no está al alcance de quienes viven en edificios de pisos salvo contadas excepciones.

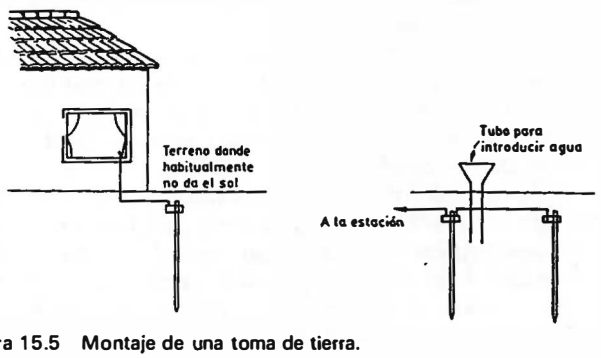



Figura 15.5 Montaje de una toma de tierra.

El segundo sistema es utilizar la tierra del edificio, si existe. Desde hace varios años, en España todos los edificos están obligados a tener una toma de tierra como la mencionada anteriormente, que debe estar unida a todos los postes metálicos del edifico y ser accesible a todos los pisos junto con la corriente eléctrica. En la instalación eléctrica se la puede distinguir por el color del cable, que debe ser siempre amarillo con franja verde. Hay que tomar ciertas precauciones al emplear esta tierra, ya que es posible que no sea todo lo correcta que debería ser o que alguien, en un error, la conecte donde no debe y no nos sea de utilidad.

En los edificios más antiguos esta tierra no suele existir; así pues, si vemos un cable amarillo con franja verde, hay que asegurarse de que efectivamente es la tierra del edificio, bien sea consultando al constructor o a algún instalador especializado.

El tercer sistema sólo es válido para los edificios que tienen estructura metálica. Hay que asegurarse de que toda la estructura, vigas y pilares, es de hierro; de ello nos puede informar el constructor, y también de si la estructura desciende hasta la cimentación sin discontinuidades.

En este caso y dado que las estructuras metálicas se suelen roblonar o soldar, tendremos una magnífica tierra en todo el edificio simplemente uniendo el cable de tierra de la estación a cualquier pilar o viga.

Estos tres sistemas son los únicos que podemos utilizar para obtener una tierra fiable. Todo lo demás no implica más que riesgos y es preferible saber que no tenemos ninguna tierra a engañarnos. Con los dispositivos mencionados en las instalaciones eléctricas es muy difícil que se pueda producir una descarga eléctrica peligrosa, ya que el interruptor diferencial la detectaría inmediatamente y desconectaría la línea.

Existen medidores para comprobar la eficacia de una tierra pero, de una forma casera, la mejor prueba de que una tierra es efectiva es probarla en condiciones de carga. Se toma una bombilla de 100 W de la tensión adecuada y se conecta entre una de las fases de la compañía y la toma de tierra. La bombilla se debe encender normalmente. Si su brillo es débil, la tierra no es buena. (Nota para esta prueba: si existe interruptor diferencial, hay que mantenerlo apretado mientras se realiza ya que, de lo contrario, se dispararía desconectando la corriente).

Las medidas de seguridad deben extenderse a los elementos que se encuentran fuera de la estación, especialmente a la antena y sus bajadas.

Si la zona donde se encuentra la antena es accesible a otras personas o a niños, hay que procurar que no puedan sufrir ningún daño, tanto por los soportes como por los vientos. Aparte de las consideraciones de rigidez y seguridad estructural, que ya se tratan en el capítulo de antenas, hay que tener en cuenta los siguientes puntos. Cuando se tiene una torreta es conveniente colocar en los dos o tres primeros metros algún sistema para evitar que personas extrañas, especialmente niños, puedan subir por ella. Una tela de gallinero, con malla suficientemente pequeña para que no se puedan meter los pies, enrollada alrededor de la torreta

puede ser suficiente. Unos tablones de madera en cada lado de la torreta sujetados mediante bridas o candados también pueden ser eficaces.

Los vientos de sujeción deben colocarse a suficiente altura para que no se tropiece con ellos. En el caso de que esto no sea posible, se debe colocar algún obstáculo en el suelo para que las personas no pasen por esa zona. Si esto tampoco es posible, se debe introducir el cable en un trozo de manguera de plástico o caucho antes de instalarlo, con el fin de aumentar la superficie en el caso de que alguien tropiece con él. La manguera se debe prolongar hasta una altura de 2 metros o más. Esta manguera puede servir además para esconder los tensores, puesto que si alguien los destensara o soltase podría ser gravísimo para la seguridad de la instalación.

Las antenas, especialmente sus partes activas, deben quedar siempre fuera del contacto accidental de las personas, ya que con potencias incluso moderadas pueden producir quemaduras.

Las líneas de bajada de las antenas, así como las del motor si lo hay, o las de cualquier otro tipo de alimentación necesaria, deben quedar siempre fuera del alcance de las personas, y sujetos al mayor número de puntos posible con el fin de evitar que causen ruidos al ser movidas por el viento o se desplomen en caso de rotura.

También es conveniente instalar algún dispositivo para evitar que en caso de caída de un rayo sobre la antena, éste llegue hasta la estación por la línea de bajada. Existen varios dispositivos de este tipo. La mayoría de ellos se basan en el mismo efecto que las bujías de automóvil. Cuando las tensiones son normales, no ocurre nada, pero cuando cae un rayo, la tensión aumenta a varios miles de voltios, produciendo una chispa que es derivada a tierra. Evidentemente este sistema sólo es eficaz si disponemos de una toma de tierra adecuada. De lo contrario, lo mejor es desconectar las antenas de los equipos cuando no se está operando y no operar cuando hay riesgo de tormenta.

Una última consideración respecto a los efectos de la radiación sobre las personas. Es un aspecto que aún no está muy estudiado y se desconocen los efectos que puede producir a largo plazo una exposición a radiaciones electromagnéticas. A corto plazo, el único efecto comprobado es el de calentamiento. El calentamiento no afecta por igual a todas las partes del cuerpo humano ya que existen medios de compensación. Las zonas más sensibles y que pueden sufrir daños irreparables ante un calentamiento son los ojos y las zonas genitales. De todas formas, el efecto de calentamiento varía con la frecuencia.

En frecuencias por debajo de los 30 MHz y con las potencias que pueden emplear los radioaficionados, el cuerpo humano es prácticamente transparente a las ondas electromagnéticas, o sea que no absorbe energía y no hay calentamiento. En las frecuencias por encima de los 10 GHz, la longitud de onda es tan corta que la piel se basta para reflejar la energía sin que exista absorción.

En las frecuencias comprendidas entre 30 MHz y 10 GHz la absorción varía, siendo las frecuencias comprendidas entre 300 MHz y 3.000 MHz las más peligrosas.

Por tanto, cualquier antena que trabaje en VHF, UHF o SHF con niveles de potencia elevados debe mantenerse lo más alejada posible de las personas. Si la potencia empleada es de 100 o más vatios, es recomendable una distancia de 15 metros o más.

Tampoco es recomendable trabajar con equipos que funcionen en esas frecuencias y no tengan el blindaje adecuado. En el caso de que se tenga que hacer funcionar el equipo sin blindaje para efectuar ajustes, procurar que esta operación dure el menor tiempo posible, parando el equipo frecuentemente para evitar las exposiciones prolongadas.

### 15.2.3 Trabajos de reparación y ajuste

Los radioaficionados son muy dados a reparar sus propios equipos o a introducir modificaciones y mejoras, así como a realizar los ajustes necesarios. También en este caso es conveniente adoptar algunas medidas de seguridad.

En primer lugar, no debe manipularse nunca en el interior del equipo estando conectado a la red, aunque el interruptor esté en posición de desconectado.

Lo primero que hay que hacer cuando se abre un equipo es cortocircuitar al chasis todos los puntos de la fuente de alimentación. En general, todas las fuentes de alimentación llevan resistencias de drenaje para descargar los condensadores de filtro una vez desconectado el equipo, pero un fallo en esas resistencias puede hacer que los condensadores mantengan su tensión durante mucho tiempo con las consecuencias de un posible percance, grave en casos de contacto accidental con fuentes de alta tensión. El cortocircuito se debe hacer con un destornillador o cualquier otra herramienta que tenga el mango aislado.

Una vez finalizada la operación a efectuar, comprobar que no queda ningún hilo suelto ni ninguna gota de estaño del soldador que pueda provocar un cortocircuito.

Si el equipo debe mantenerse abierto en funcionamiento para efectuar ajustes, se deben tomar las mayores precauciones con el fin de no tocar ninguna conexión sometida a alta tensión. Se deben utilizar herramientas de ajuste aisladas (cuando se actúa en bobinas con núcleo, todo el instrumento debe ser no metálico) de la mayor longitud posible a fin de que la mano quede lo más lejos posible de las zonas peligrosas.

En los modernos equipos completamente transistorizados, en los que la tensión de alimentación es generalmente de 12 V, no existe problema. Sin embargo es conveniente, cuando se trabaja en ellos, despojarse de los anillos y el reloj sobre todo si lleva cadena metálica. Las fuentes de alimentación de estos equipos son capaces de entregar 25 A o más según la potencia. Una corriente de ese valor puede poner al rojo un anillo en caso de cortocircuito, con la consiguiente lesión e incluso pérdida del dedo. En el caso del reloj se pueden producir dolorosas quemaduras por el mismo motivo.

## 15.3 EL LENGUAJE Y COSTUMBRES DE LOS RADIOAFICIONADOS

Cuando se coge el micrófono de una estación y se efectúa una llamada en general, cabe que nos contesten desde cualquier lugar del mundo, al menos en las bandas inferiores a los 30 MHz. En el mundo existen multitud de idiomas y dialectos y es casi imposible para cualquier persona dominar incluso una pequeña parte de ellos. El idioma de uso común en radio es el inglés, excepto cuando las dos estaciones dominan otro cualquiera.

Aunque resulta práctico dominar el inglés, basta con unos pocos conocimientos de esa lengua, ya que se han desarrollado una serie de códigos y abreviaturas que permiten mantener un comunicado simple, e incluso una pequeña conversación sobre temas de radio, sin necesidad de recurrir a un vocabulario muy extenso.

Los códigos rigen tanto en fonía como en telegrafía, así como en las demás técnicas de transmisión. Las abreviatu-

ras, en cambio, casi no se usan en fonía, mientras que en telegrafía y en RTTY son de uso generalizado.

En fonía se recurre a deletrear tanto los indicativos como cualquier otra palabra de interés, el nombre del operador, la ciudad, etc., cuya recepción correcta pueda suponer un problema para el corresponsal.

Todas estas cosas forman lo que podemos llamar el lenguaje de los radioaficionados. Al principio puede parecer difícil y complicado, pero cuando se aprende se aprecia su enorme utilidad.

Por otra parte, es muy conveniente conocer ciertos usos y prácticas operativas de las estaciones que queremos contactar, bien sea porque las leyes de su país se lo imponen o porque con el tiempo han adquirido el hábito de operar de esa determinada manera. Para el novato puede parecer que todas las frecuencias son iguales y que, por tanto, se puede utilizar cualquiera de ellas. Esto no es así. Existen normas que asignan frecuencias a cada tipo de transmisión, CW, Fonía, RTTY, SSTV o incluso para sistemas experimentales. Estas normas no suelen tener la fuerza de leyes excepto en algunos países, pero son respetadas rigurosamente por todos los radioaficionados. Algunas de estas normas están reconocidas como tales por la IARU, en cambio otras son costumbres que el tiempo ha establecido como fijas y que es necesario conocer.

### 15.3.1 El código Q

Este código es de uso general entre todos los servicios de telecomunicaciones. Consiste en grupos de tres letras, la primera siempre una Q, que representan preguntas. Según el servicio que las utilice existen pequeñas variantes del significado; de todas formas, en caso de duda se debe hacer prevalecer siempre su significado inicial, oficialmente reconocido.

Se indican a continuación las de uso más común entre los radioaficionados con su significado oficial:

*QRG:* ¿Cuál es mi frecuencia exacta? Su frecuencia exacta es ... kHz.

*QRI:* ¿Cuál es el tono de mi señal? Su tono es (1 bueno, 2 variable, 3 regular).
(Se usa muy poco, ya que entre los radioaficionados se pasa el control de tono por otro sistema que veremos más adelante).

*QRJ:* ¿Está usted recibiéndome mal? o ¿Es muy débil su señal?. Su señal es demasiado débil (Igual que el anterior).

*QRK:* ¿Cuál es la inteligibilidad de mis señales?. La inteligibilidad de sus señales es (1 mala, 2 pobre, 3 regular, 4 buena, 5 excelente).
(Igual que los dos anteriores)

*QRL:* ¿Está usted ocupado? Estoy ocupado, por favor no interfiera. (Esta señal se suele emplear en CW para preguntar si una frecuencia está libre).

*QRM:* ¿Está usted interferido? Estoy interferido (1 nada, 2 apenas, 3 moderadamente, 4 severamente, 5 extremadamente).

*QRN:* ¿Le molestan los ruidos atmosféricos?. Me molestan los ruidos atmosféricos (1 a 5 igual que el anterior).

*QRO:* ¿Debo aumentar potencia? Aumente la potencia. (En francés se utiliza este código para definir un comunicado que se realiza sin ningún problema y con buena señal).

*QRP:* ¿Debo disminuir potencia? Disminuya la potencia.

*QRQ:* ¿Debo transmitir más rápido? Transmita más rápido (a... palabras por minuto).

*QRS:* ¿Debo transmitir más despacio?. Transmita más despacio (a... palabras por minuto).

*QRT:* ¿Debo dejar de transmitir? Deje de transmitir.

*QRU:* ¿Tiene algo para mí? No tengo nada para usted.

*QRV:* ¿Está usted listo? Estoy listo.

*QRW:* ¿Debo decirle a... que usted le está llamando en... kHz? Dígale a... que le estoy llamando en ... kHz.

*QRX:* ¿Cuándo me llamará de nuevo? Le llamaré a las... horas.
(En general se emplea para indicar a una estación que se le ha oído y se le llamará más adelante. También se emplea cuando por cualquier motivo se deba interrumpir la transmisión por un corto período de tiempo).

*QRZ:* ¿Quién me llama? Le llama... (se emplea para indicar que o bien no se ha escuchado correctamente o que se espera que alguien llame al finalizar un comunicado. No se debe emplear como principio de llamada).

*QSA:* ¿Cuál es la intensidad de mis señales? La intensidad de sus señales es (1 apenas, 2 débiles, 3 bastante buenas, 4 buenas, 5 muy buenas). (Apenas se utiliza ya que se pasa esa indicación de otra manera).

*QSB:* ¿Tienen fading mis señales? Sus señales tienen fading.

*QSD:* ¿Es mi manipulación defectuosa? Su manipulación es defectuosa.

*QSK:* ¿Puede escucharme entre sus señales? Puedo escucharle entre mis señales. (Quiere decir que el receptor permanece a la escucha entre los caracteres de manipulación de CW. El corresponsal puede mediante una raya o varios puntos interrumpir la transmisión. A este sistema de transmisión se le denomina «Break in» en inglés).

*QSL:* ¿Puede acusar recibo? Acuso recibo.

*QSO:* ¿Puede usted comunicar con ...? Puedo comunicar con ...

*QSP:* ¿Puede retransmitir a...? Retransmitiré a...

*QSY:* ¿Debo cambiar de frecuencia... kHz? Cambie de frecuencia... kHz.

*QTC:* ¿Cuántos mensajes tiene para transmitir? Tengo... mensajes.
(Se emplea para indicar que se tiene un mensaje especial para una determinada estación).

*QTH:* ¿Cuál es su ubicación? Mi ubicación es...

*QTR:* ¿Qué hora es? Son las... horas.

Alguno de estos códigos adquieren el significado de palabras en el lenguaje habitual de los radioaficionados, incluso con sentidos ligeramente distintos del habitual. También es muy corriente emplear el código Q en conversaciones fuera del ámbito de la radio; tanto es así que en conversaciones entre radioaficionados hay algunas palabras del lenguaje corriente que son sustituidas siempre por el código Q. Las más típicas son las siguientes:

*QRM:* Equivale a la palabra interferencia. Tanto es así que esta palabra casi no se usa entre radioaficionados, quedando sustituida por QRM en la mayoría de los casos. Se ha extendido el uso de QRM para definir cualquier interferencia, incluso la producida por ruidos atmosféricos o de cualquier otro tipo. Cuando un radioaficionado emplea la palabra interferencia es casi seguro que se está refiriendo a la interferencia de otros servicios, especialmente la TV.

*QRN:* Se emplea como equivalente de ruidos atmosféricos.

*QRP:* Se emplea como adjetivo. Un transmisor QRP quiere decir que tiene baja potencia. En general se entiende por QRP el transmisor que tiene una potencia de 10 W o menos.
Para definir los transmisores de muy baja potencia, menor de 1 W, se emplea la expresión QRPp aunque no es oficial.

*QRT:* Indica que una estación finaliza su transmisión y no volverá a transmitir. Se utiliza a menudo para indicar que un equipo está averiado y no puede transmitir (tal equipo está QRT). En lenguaje figurado se emplea para indicar que un operador ha fallecido (está en QRT definitivo). Esta última acepción sólo se emplea entre los países latinos. Los anglosajones emplean la expresión «Silent Key» (Manipulador silencioso).

*QRV:* Se emplea muy a menudo como expresión de cortesía. En vez de «quedo a su entera disposición» se suele decir «quedo QRV». Se emplea también para indicar cuándo se puede visitar a alguien o que se está dispuesto a hacer un favor determinado. Por ejemplo «estaré QRV a partir de tal hora» para indicar que se puede ir de visita a esa hora.

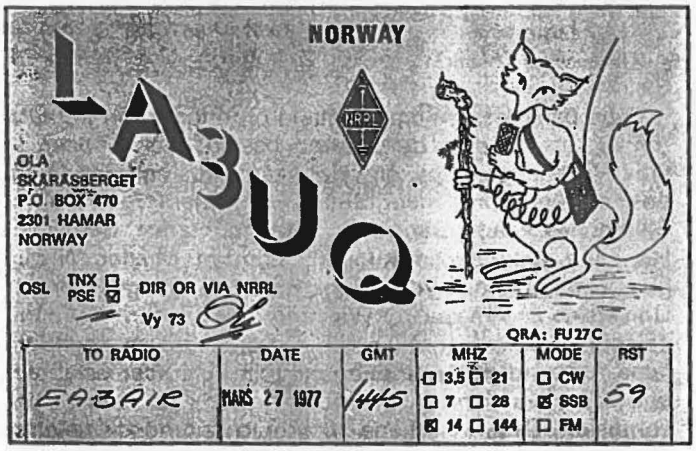
*QB:* Se emplea en lugar de desvanecimiento o fading. «Hay un QSB muy fuerte» quiere decir que las condiciones de propagación hacen que las señales varíen contínuamente.

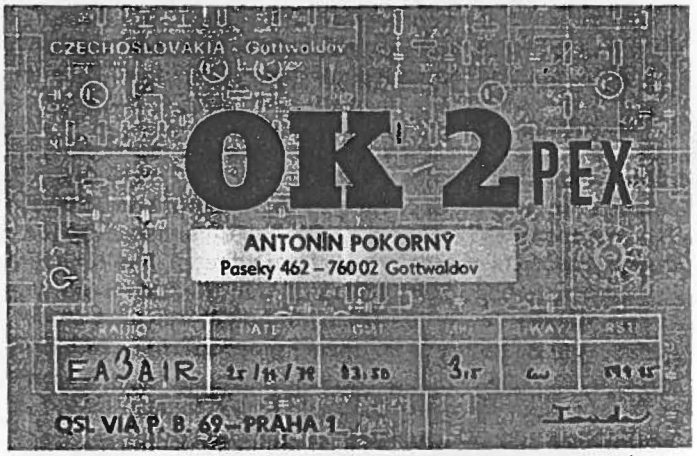
*QSL:* Las tarjetas de confirmación que se suelen enviar para confirmar por escrito la realización de un comunicado reciben el nombre de QSL. Es una prolongación del significado oficial aplicado al documento que confirma un comunicado.
También se emplea como contestación en sentido afirmativo. Por ejemplo, a la pregunta «¿Puedo pasar por tu casa a recoger tal cosa?», se puede contestar «QSL estaré QRV toda la tarde». (Sí, estaré en mi casa a tu disposición toda la tarde). Aquí vemos un ejemplo muy corriente de encadenamiento de grupos del código *Q*.

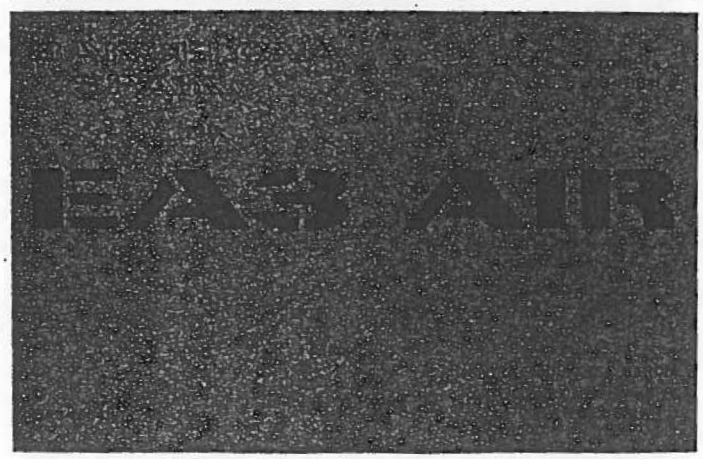
*QSO:* Representa en exclusiva la palabra «comunicado». Los radioaficionados no hacen comunicados, hacen QSO. Es quizás el caso más claro de sustitución de una palabra por otra del código Q. «Voy a hacer unos cuantos QSO. «He hecho QSO con tal estación». «¿Cuántos QSO has realizado? ¿Es válido el QSO?. Sea cual sea la fórmula, prácticamente nunca se dirá la palabra comunicado.

*QSY:* Se emplea para indicar que la frecuencia de un transmisor no es estable y va variando de frecuencia, (un transmisor que hace QSY) y, en general, para indicar cualquier variación de frecuencia, sea por el motivo que sea.
También se emplea para indicar que el operador u otra persona va a emprender un viaje o que la estación va a ser cambiada de ubicación. «Voy a hacer un QSY a Londres», o «Voy a hacer QSY a tu casa». Se emplea también para indicar el fallecimiento de alguien «hizo QSY definitivo».

*QTH:* En el código oficial, esta señal se emplea seguida de la latitud y longitud de la estación. Entre radioaficionados define la ciudad en que uno vive. También se emplea para definir la vivienda en que radica la estación. «Estoy en mi QTH» para decir que está en su



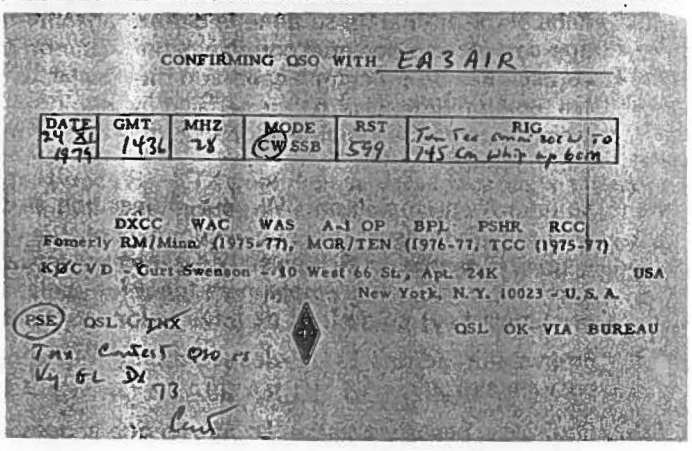




Figura 15.6 Modelos de QSL. Se recomienda hacer las QSL con un tamaño de 9 × 13 cm.

casa. «Voy a mi QTH de verano» o «estoy en el QTH de tal persona» con el significado de vivienda.

Entre los países iberoamericanos se emplea mucho el código QRA para indicar el nombre del operador (mi QRA Javier), pero no se usa fuera de estos países ya que el significado exacto es ¿Cuál es el indicativo o nombre de su estación? lo cual no tiene sentido ya que el radioaficionado está obligado a indicarlo al principio y al final de cada transmisión.
En Europa y en bandas de VHF se emplea QRA para indicar el código «Locator» de la estación (QRA Locator). De todas maneras este uso se está abandonando por el de QTH Locator o Locator sin más (apartado 15.9).
Algunos de estos códigos Q se emplean únicamente durante la transmisión de mensajes para terceras personas, cosa que en España está totalmente prohibido. De todas formas es posible oírlos alguna vez, especialmente en situaciones de emergencia, o cuando el operador además de radioaficionado es profesional de las comunicaciones telegráficas. En los EE.UU. y otros países donde sí está admitido el tráfico de mensajes para terceros, e incluso son una prolongación del servicio oficial, se escuchan señales del código Q que habitualmente no se emplean, ya que son específicos para este tipo de operación.

### 15.3.2 Otros códigos ampliamente utilizados

*CQ:* Es la llamada general. Cuando se utiliza solo, quiere decir que cualquier estación puede contestar. Se puede utilizar de una forma dirigida, por ejemplo «CQ Asia» indicando que sólo se quiere contactar con estaciones de Asia, o bien «CQ Argentina» cuando sólo se quiere contactar con ese país. Cuando se llama para un concurso se utiliza «CQ concurso» seguido del nombre del concurso aunque en los grandes concursos no hace falta decir el nombre. No se debe emplear CQ cuando se llama a alguien determinado.

*DX:* Indica estaciones de larga distancia. En HF se emplea para estaciones fuera del propio continente. En VHF y superiores se considera DX cualquier estación que no puede ser contactada de forma directa, habitualmente, por encontrarse más allá del horizonte; se suele emplear junto con CQ para indicar que sólo se desea contactar con estaciones a gran distancia (CQ DX).

*R:* La letra R, que en fonía se transmite exclusivamente como «Roger», se emplea para confirmación. Quiere decir «recibido todo tal como fue transmitido». Sólo se debe emplear cuando se tiene la certeza absoluta de que se ha recibido todo correctamente. Cuando las condiciones de un comunicado son muy malas, bien sea por interferencias o por señal muy débil, es el mejor sistema de confirmación, ya que es corto y contundente.

*K:* La letra *K* se emplea en CW para indicar que se ha finalizado la transmisión, y que el corresponsal puede empezar a transmitir. Si bien su uso general es en CW, muchos operadores la emplean en fonía (en inglés se pronuncia Key) como final de transmisión.

*73:* Equivale a adiós. Es la despedida de cualquier comunicado.

*88:* Equivale a besos y abrazos. Lo mismo que el anterior en el caso de que ambas estaciones tengan lazos familiares.

### 15.3.3 Códigos de deletreo

Cuando se trabaja en fonía es bastante corriente deletrear todas las palabras que interesa sean recibidas correctamente, como son el indicativo, la ciudad de residencia o el nombre del operador.

Para los castellanoparlantes puede parecer muy extraño deletrear las palabras, ya que en castellano todas las letras mantienen su sonido siempre y por tanto el deletreo sólo se emplea para los indicativos. En cambio, entre los anglosajones el recurso al deletreo está ampliamente extendido. Asimismo el deletreo constituye una forma de entenderse entre estaciones con distintos idiomas y que no dominen el inglés.

El deletreo consiste en un juego de palabras cuya primera letra coincida con cada una de las del alfabeto. Todas las palabras deben ser claras y fáciles de reconocer por todo el mundo. El código de deletreo más utilizado por los radioaficionados es el que tiene oficialmente reconocido el ICAO (Organización de la Aviación Civil) y que es el siguiente:

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | Alfa | N | November |
| B | Bravo | O | Oscar |
| C | Charlie (Charli) | P | Papa |
| D | Delta | Q | Quebeq |
| E | Eco | R | Romeo |
| F | Foxtrot | S | Sierra |
| G | Golf | T | Tango |
| H | Hotel | U | Uniform |
| I | India | V | Victor |
| J | Juliett | W | Wiskey (Güisqui) |
| K | Kilo | X | X-Ray (Ix Ray) |
| L | Lima | Y | Yankee (Yanki) |
| M | Mike (Maik) | Z | Zulu. |

Entre paréntesis se representa la pronunciación figurada.

Este es el código de deletreo básico que conocen los radioaficionados. También se utilizan otros códigos formados con nombres geográficos, por ejemplo: América, Baltimore, Canadá, Danemark, England, France, Guatemala, Honolulu, Italy, Japan, Kilowatt, London, México, Nicaragua, Ontario, Portugal, Quito, Radio, Santiago, Toronto, Universidad, Venezuela, Washington, Xilofon Yokoama, Zelandia, o cualquier otra combinación de nombres geográficos. La condición que debe cumplir cualquier palabra es que sea clara y muy conocida. Además no debe existir confusión. Cada país tiene su propio código de deletreo, formado por nombres propios o de ciudades de aquel país, pero no se deben utilizar estos códigos a nivel internacional, ya que salvo los nombres más corrientes o las ciudades más grandes, los demás no serán conocidos.

Como norma se debe utilizar siempre el código ICAO, pero resulta muy conveniente conocer otro deletreo ya que en condiciones difíciles, bien sea por el oído del que escucha o por la pronunciación del que transmite, algunas palabras no son escuchadas correctamente y cambiándolas por otras resultan más comprensibles.

No se deben utilizar, salvo en comunicados con amigos, deletreos «folklóricos», que consisten en formar frases con sentido a partir de las letras de un indicativo.

### 15.3.4 Códigos de telegrafía

El código de telegrafía que se emplea es el «código Morse Internacional», que es el siguiente:

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | · — | S | · · · |
| B | — · · · | T | — |
| C | — · — · | U | · · — |
| D | — · · | V | · · · — |
| E | · | W | · — — |
| F | · · — · | X | — · · — |
| G | — — · | Y | — · — — |
| H | · · · · | Z | — — · · |
| I | · · | 1 | · — — — — |
| J | · — — — | 2 | · · — — — |
| K | — · — | 3 | · · · — — |
| L | · — · · | 4 | · · · · — |
| M | — — | 5 | · · · · · |
| N | — · | 6 | — · · · · |
| O | — — — | 7 | — — · · · |
| P | · — — · | 8 | — — — · · |
| Q | — — · — | 9 | — — — — · |
| R | · — · | 0 | — — — — — |

| | |
|---|---|
| Punto | . — · — · — |
| Coma | — — · · — — |
| ? | · · — — · · |
| Error | · · · · · · · · |
| Doble Guión | — · · · — |

La letra Ñ sólo se emplea en castellano y es — — . — —

No utilizarla con estaciones de distinto idioma ya que probablemente no la entenderían; sustituirla por la N.

Algunos idiomas tienen un código especial (Rusia, Japón) pero carece de interés a nivel internacional ya que las estaciones de estos países dominan los dos códigos.

En telegrafía se emplean una gran cantidad de abreviaturas, con el fin de ahorrar tiempo. Las más usuales junto con sus significados, son las siguientes:

| | |
|---|---|
| abt | alrededor de |
| ads, adr | dirección |
| af | Africa |
| agn | otra vez |
| am | modulación de amplitud |
| ant | antena |
| $\overline{ar}$ | fin de mensaje |
| as m | espere un minuto |
| bc | estación comercial |
| bd | buenos días (en castellano) |
| bk | interrúmpame. |
| cq | llamada general |
| cfm | confirmación |
| ck | compruebe |
| cndx | condiciones |
| cs | indicativo |
| cuang | espero volver a verle |
| de | (está tomado del castellano) |
| dr | apreciado-a |
| el | elemento de antena directiva. |
| es | y, (conjunción copulativa) |
| eu | Europa |
| fb | expresión de aprobación ¡Muy bien! |
| fer | por |
| freq | frecuencia |
| ga | buenas tardes |
| gd | buenos días |
| gl | buena suerte |
| gnd | tierra eléctrica |
| gp | antena de plano de tierra |
| grs | gracias (en castellano) |
| hrd | oído, escuchado |
| hi | representa la risa en CW |
| hpe | deseo, espero |
| info | información |
| k | adelante, fin de transmisión |
| kn | adelante sólo la estación llamada |
| mci | (en francés) gracias |
| mge | manager |
| n | no |
| nil | nada |
| nr | cerca |
| nr | número |
| om | viejo, amigo, hombre |
| op | operador |
| pa | amplificador de potencia |
| prtbl | portable |
| pse, pls | por favor |
| pwr | potencia |
| rcd | recibido |
| rx | receptor |
| rpt | repita |
| sae | sobre autodirigido |
| sase | sobre autodirigido y franqueo |
| sb, ssb | banda lateral única |
| sked | cita |
| sri | lo siento |
| sx | dólar |
| temp | tiempo, temperatura |
| tnx, tks | gracias (en inglés) |
| tu | gracias (en concursos) |
| trx | transceptor |
| tx | transmisor |
| uk | Reino Unido |
| ur | su, suyo |
| ut | hora universal, GMT |
| $\overline{va}$ | fin de comunicado |
| vert | vertical |
| vfb | muy bien |
| w, wt | vatios |
| wx | tiempo atmosférico |
| xtl | cristal |
| yr | año |
| yl | amiga, mujer |
| xyl | esposa |

Excepto las indicadas entre paréntesis todas las demás son abreviaturas del idioma inglés.

Las abreviaturas que tienen una raya encima se deben transmitir sin hacer la separación entre las letras, como si fueran un solo signo.

Algunas de estas abreviaturas también han pasado al lenguaje común de los radioaficionados, como XYL para representar a la esposa u OM e YL que representan hombre y mujer respectivamente.

Asimismo, es muy corriente encontrar en escritos las expresiones RX o TX para representar al receptor y transmisor, o Xtal para indicar un cristal de cuarzo.

Evidentemente el código Q también es ampliamente utilizado, pero algunas de sus formas son sustituidas por otras más sencillas. Por ejemplo, QRX que significa «espere», en CW se indica como $\overline{as}$.

## 15.4 CÓMO REALIZAR UN COMUNICADO

Todo operador inexperto debe acostumbrarse, antes de lanzarse a hacer comunicados, a cómo los realizan los otros operadores y acostumbrarse al uso y significado de todas las

expresiones que hemos visto anteriormente. Además, escuchando, se familiarizará con el funcionamiento en recepción de su equipo, punto éste muy importante ya que los modernos equipos comerciales incorporan una gran cantidad de aditamentos (filtros, supresores de ruidos, supresores de interferencias, etc.) cuyo correcto funcionamiento y utilización puede hacer perfectamente audible una señal en las peores condiciones.

### 15.4.1 La llamada general

La llamada general se hace empleando la expresión CQ de la siguiente forma:

«CQ CQ CQ ésta es EA3AIR, Eco Alfa 3 Alfa India Romeo adelante cambio».

Es bastante corriente en fonía que, después de la expresión CQ, se indique la banda en que se trabaja. Parece una cosa innecesaria, ya que todo el mundo sabe en que banda se encuentra, pero es una costumbre de uso general.

«CQ 20, CQ 20, CQ 20, ésta es EA3AIR etc. etc.»

Las llamadas deben hacerse con tres CQ y tres veces el indicativo y, como mucho, repetirla un par de veces. No hacer llamadas muy largas con interminables CQ y muchas veces el indicativo, ya que lo más probable es que las estaciones que nos escuchan se cansen y se retiren. Es más práctico hacer llamadas cortas con intervalos de escucha frecuentes.

Como ya se ha explicado, el CQ puede ser dirigido añadiendo la zona geográfica con la que se quiere contactar: CQ Africa o CQ DX o cualquier otra.

Cuando una estación hace un CQ dirigido, sólo se le puede llamar cuando se está en la dirección que indica el que llama. Si una estación en Europa llama CQ DX no se le debe llamar desde España, ya que desea contactar con estaciones fuera del continente; en cambio sí que le puede llamar cualquier estación de otro continente.

### 15.4.2 Contestación a una llamada

Para el principiante puede ser más práctico contestar a alguien que esté llamado CQ que no llamar él. De esta manera puede elegir la estación y sobre todo el idioma. La contestación se hace así:

«EA3AIR ésta es EA5RV, EA5RV adelante.»

Igual que cuando se hace un CQ, no se deben repetir innecesariamente los indicativos.

### 15.4.3 El QSO

Una vez se ha establecido contacto, se pasa al comunicado propiamente dicho.

Se considera que un comunicado es válido cuando las dos estaciones han intercambiado los indicativos y el control de una forma correcta. De todas formas, este tipo de comunicados se da sólo con estaciones especiales o durante los concursos. En situaciones normales el comunicado se hace más largo. Se suele indicar el nombre y QTH del operador, una pequeña explicación del equipo que se utiliza y la situación meteorológica del momento.

Se debe utilizar un lenguaje claro, empleando las claves y abreviaturas generalmente aceptadas.

La conversación debe hacerse en forma fluida y concisa, evitando las pausas y las repeticiones innecesarias.

### 15.4.4 El control RST

El control que se pasa en un QSO, sirve para indicar al corresponsal la calidad de la señal recibida. Se utilizan números para ese control, como sigue:

*R (Inteligibilidad)*

1 = Ininteligible
2 = Se entiende alguna que otra palabra.
3 = Se entiende con dificultad.
4 = Inteligible casi sin dificultad.
5 = Perfectamente inteligible.

*S (Intensidad de la señal)*

1 = Señales al nivel de ruido del receptor
2 = Señales muy débiles.
3 = Señales débiles.
4 = Señales medias.
5 = Señales bastante buenas.
6 = Señales buenas.
7 = Señales moderadamente fuertes.
8 = Señales fuertes.
9 = Señales muy fuertes.

*T - (Tono)* (Sólo se usa en CW)

1 = Nota muy ronca y chirriante.
2 = Nota de corriente alterna.
3 = Nota ligeramente musical, pero ronca.
4 = Nota moderadamente musical, bastante ronca.
5 = Nota musical modulada por corriente alterna.
6 = Nota ligeramente modulada, algo silbante.
7 = Nota casi pura con zumbido.
8 = Nota pura con ligero zumbido.
9 = Nota pura.

*R* y *T* son números subjetivos que deben ser juzgados por el que escucha. *S* se toma del medidor de S (S-meter) que incorporan los receptores.

El medidor de S es un indicador que facilita la intensidad de señal a la entrada del receptor, con una escala graduada de 1 a 9, y por encima de 9 varía en saltos de 10 decibelios.

Existen dos sistemas distintos para efectuar la calibración de un medidor de S:

Sistema USA: S−9 = 100 $\mu$V en antena. La diferencia entre dos unidades S consecutivas es de 5 dB.

Sistema Europeo: S−9 = 50 $\mu$V en antena. La diferencia entre dos unidades S consecutivas es de 6 dB.

Desgraciadamente la mayoría de receptores tienen una calibración bastante dudosa, y salvo que se disponga de instrumental de laboratorio para realizar la calibración, los medidores de S (S-meter) sólo sirven para medidas comparativas.

El control RST debe pasarse lo más fidedignamente posible. No aumentar el control para congratularse con el corresponsal, ya que esto es inducir a engaño.

En general, se acepta que el mínimo control para que un comunicado sea válido es 337 en CW o 33 en fonía.

En fonía el RST no se debe deletrear nunca; se dice «su control es...» o «su señal es...», ya que cuando se dice 59 o

cualquier otro, todo el mundo entiende que nos referimos al RST.

### 15.4.5 Ejemplo de QSO tipo

— CQ CQ CQ, ésta es EA3AIR, Eco Alfa, tres, Alfa, India, Romeo adelante cambio.
— EA3AIR ésta es EA5RV, Eco Alfa, cinco, Romeo, Víctor, adelante cambio.
— EA5RV de EA3AIR, buenos días, gracias por llamarme. Su control es 59, repito 59. Mi nombre es Julio, Juliett, Uniform, Lima, India, Oscar. Mi QTH es la ciudad de Barcelona. El cambio para usted, EA5RV de EA3AIR, adelante.
— EA3AIR de EA5RV; QSL amigo Julio. Tu control por aquí es 58. Mi nombre es José y mi QTH la ciudad de Valencia. Te devuelvo el cambio EA3AIR de EA5RV adelante.
— QSL EA5RV de EA3AIR. Recibido perfectamente amigo José. Muchas gracias por el QSO. Mi tarjeta QSL la envío «vía buró». 73 y buenos DX, hasta la vista José EA5RV de EA3AIR adelante.
— EA3AIR de EA5RV. QSL amigo Julio. Gracias también por el QSO, mi tarjeta de QSL «vía buró» 73 y buenos DX, buena suerte EA5RV termina con EA3AIR y hace QSY. Adiós.
— Adiós de EA3AIR.

Este comunicado traducido al inglés o a cualquier idioma conveniente permite realizar un QSO mínimo con cualquier estación del mundo, ya que es la «receta» a la que se atiene todo el mundo.

En el ejemplo no se han deletreado los nombres de Barcelona y Valencia, ya que para los castellanoparlantes son nombres muy corrientes. Si el comunicado fuera con estaciones de otros países es conveniente deletrearlos.

Es bastante corriente que una vez pasados los datos esenciales, RS, nombre y QTH, se incluya una descripción de la estación (emisor, receptor, micrófono, tipo de antena), así como un informe de las condiciones meteorológicas (temperatura y estado del cielo).

Nótese que siempre se dicen los dos indicativos al principio y al final de cada transmisión. Esto se debe hacer siempre, ya que lo obliga la legislación de radioaficionados. Sólo en el caso de que se haga un pequeño inciso para responder brevemente a una pregunta, se puede reducir el procedimiento. Por ejemplo: si el corresponsal no ha recibido algo correctamente puede solicitar una repetición. En el ejemplo citado tendríamos:

— Por favor repita su nombre EA5RV adelante.
— Mi nombre es Julio, Juliett, Uniform, Lima, India, Oscar de EA3AIR adelante.

O sea que al menos el indicativo del que transmite se debe decir siempre.

### 15.4.6 Operación en telegrafía

La forma de realizar un QSO en telegrafía es exactamente igual que en fonía; la única diferencia radica en que se emplean abundantemente las abreviaturas. Tanto es así que se puede realizar un comunicado sin decir una sola palabra completa, excepto el nombre del operador y el QTH.

La «receta» para un comunicado en telegrafía es como sigue:

— CQ CQ CQ de EA3AIR EA3AIR K
— EA3AIR de EA5RV, EA5RV AR KN
— EA5RV de EA3AIR, — — GD TKS fer call. Ur RST 599 599 .— — QTH Barcelona Barcelona — — name Julio Julio — — EA5RV de EA3AIR AR KN
— QSL EA3AIR de EA5RV — — GD dr OM Julio. Ur RST 589 589 — — QTH Valencia Valencia — — name José José .— — EA3AIR de EA5RV AR KN
— EA5RV de EA3AIR — — QSL dr om José. TKS fer QSO, QSL via buró — — cuang 73 es DX. GL dr José EA5RV de EA3AIR SK K
— EA3AIR de EA5RV — — QSL Julio. TKS fer QSO — — QSL OK — — cuang 73 es DX GB dr Julio EA3AIR de EA5RV SK

Normalmente después del SK final se transmiten dos puntos a los que el otro operador responde con uno o dos puntos los cuales indican que el corresponsal ha recibido y da por terminado el contacto.

Los signos especiales que vemos y algunos más tienen el significado siguiente:

AR Cambio. (El mismo significado que en fonía).
AS Espere un momento. Cuando se ha de interrumpir unos segundos la transmisión.
R Recibo, todo recibido correctamente. Tiene el mismo significado que QSL. Generalmente se transmite dos o tres veces.
K Adelante, transmita cualquier estación.
KN Adelante sólo la estación llamada.
SK Fin de contacto o comunicación.
CL Tiene el mismo significado que QRT. Indica que el operador se retira y no contestará ninguna llamada.

Cuando se trabaja en CW, lo más importante es manipular correctamente los signos. Un buen operador no debe nunca transmitir a una velocidad superior a la que es capaz de manipular correctamente. Un principiante no debe tener vergüenza de pedir a un corresponsal que transmita más despacio (QRS). Ningún operador experimentado tendrá inconveniente en reducir su velocidad.

Cuando se aprende telegrafía, lo mejor es utilizar un manipulador normal de funcionamiento manual. Cuando se tiene una cierta experiencia y se es capaz de transmitir correctamente, se puede recurrir a los manipuladores automáticos, pero nunca antes.

Antiguamente el conocimiento de la telegrafía era casi indispensable para todo radioaficionado, ya que era el único sistema por el que podían hacerse comunicados. En la actualidad esto no es así y el conocimiento de la telegrafía es un requisito legal que muchos olvidan una vez obtenida la licencia.

Existe incluso un cierto desprecio por parte de aquéllos que creen que lo más moderno es trabajar en fonía o en cualquier técnica avanzada. De todas formas hay que tener en cuenta que, en igualdad de condiciones, de potencia y antena, la telegrafía es 10 veces más comprensible que la fonía, lo que permite a estaciones modestas realizar comunicados en CW que en fonía serían casi imposibles.

Esto se debe a que el ancho de banda de la telegrafía es mucho menor que el de la fonía. En la banda lateral se precisa un ancho de banda de al menos 2.000 Hz, mientras que en telegrafía basta con 200 e incluso menos. Como el ruido captado por el receptor es función directa del ancho de banda empleado, la diferencia es sustancial, especialmente en nuestras congestionadas bandas.

Cuando se trabaja en telegrafía nunca se debe olvidar que, lo hagamos como lo hagamos, siempre es posible mejorar. Observe siempre sus posibles errores y trate de practicar para eliminarlos. Siempre hay alguna letra que recibimos o transmitimos mal, alguna tendencia a juntar caracteres que

deben estar separados, o combinaciones habituales que cuesta trabajo transmitir correctamente.

Cada operador tiene su propia idiosincrasia y para personas experimentadas es muy fácil distinguir a un operador por su forma de manipular, incluso con manipuladores automáticos.

Pero esas diferencias que distinguen a cada persona no deben ser tan grandes que impidan la recepción por parte de los demás.

Los mejores operadores de telegrafía operan con el sistema denominado semidúplex. Este sistema consiste en que el operador escucha mientras el manipulador no está apretado. Exige una conmutación muy rápida y un receptor con muy poca inercia, ya que continuamente está siendo conmutado. En general esta técnica sólo es posible cuando se dispone de un transmisor y un receptor separados.

La mayoría de transceptores no son capaces de funcionar con este sistema, ya que los tiempos de retardo de los relés de conmutación no lo permiten. En los últimos tiempos han aparecido algunos transceptores, dotados de relés ultrarrápidos, que permiten trabajar por este sistema, pero de momento son minoría. (Se los reconoce porque, entre sus características, se indica ésta como full break-1V).

Con este sistema no tienen sentido las llamadas muy largas, ya que se escucha inmediatamente a la estación que llama.

La llamada se efectúa así:

CQ CQ de EA3AIR EA3AIR BK (pausa) CQ CQ etc. hasta que alguien interrumpe, o no contesta nadie.

Cuando escuchemos BK o QSK en una transmisión, podemos interrumpir al que transmite simplemente con un grupo de puntos o una raya. Como el operador lo oye entre su transmisión, inmediatamente parará y pasará el cambio.

El sistema es muy práctico ya que el operador pierde el mínimo tiempo puesto que se da cuenta de cuando está interferido o de cuando le detiene el corresponsal porque no ha recibido algo correctamente.

Es el sistema más perfecto para operar una estación de telegrafía. De todas formas, para el principiante, que necesita escuchar su propia transmisión mediante un monitor, puede resultar muy difícil puesto que se escucha el ruido del receptor entre los puntos y rayas.

### 15.4.7 Operación en RTTY (radioteletipo o teleimpresora)

La operación en RTTY presenta muchas afinidades con la operación en telegrafía. Los signos y abreviaturas son los mismos. La única diferencia radica en el modo de transmisión y en que todo lo realiza una máquina.

A pesar de la gran cantidad de tipos de máquinas existentes, hay una serie de normas comunes.

En primer lugar siempre hay que pensar que el corresponsal puede tener una máquina muy poco perfeccionada y que puede tener dificultades si no se opera correctamente. Hay que tener en cuenta cosas como el retorno de carro, alimentación de línea y el cambio de letras o cifras. Son cosas que no aparecen impresas, pero que resultan importantísimas.

Todas las estaciones emiten varias veces las letras RY antes de empezar a llamar. Esto permite al posible corresponsal centrar su equipo hasta que su máquina reproduce las letras correctamente, y copiar perfectamente la llamada.

Al finalizar las transmisiones es conveniente pulsar el retorno de carro (CR) y la alimentación de línea (LF). Asimismo es conveniente pulsarlos al principio de cada transmisión durante un QSO. Esto permite «limpiar las máquinas» y dejarlas preparadas.

Con los modernos equipos, que realmente no son teleimpresores sino videoimpresores, en lo que lo escrito aparece en una pantalla, hay alguna operación que no tiene importancia, pero que puede causar problemas a los que utilizan impresoras sobre papel. Por ejemplo, dando la orden de desplazamiento de carro para expulsar el papel repetidas veces, en un video sólo supone que lo escrito, se va hacia arriba hasta desaparecer, pero en una impresora supone que la máquina empieza a expulsar papel sin utilizarlo.

Muchos equipos impresores están dotados de sistema de cinta. Resulta muy práctico ya que si bien siempre se puede operar desde teclado, los datos fijos (llamadas, nombre del operador, QTH, descripción de la estación etc.) no necesitan ser tecleados y son transmitidos de forma correcta siempre. Algunas máquinas electrónicas también pueden hacer lo mismo a base de guardar en una memoria esos datos, que son emitidos apretando la tecla conveniente.

El uso de cintas perforadas o memorias es muy práctico, ya que permite ir preparando la contestación a medida que el corresponsal va escribiendo, ahorrando mucho tiempo.

Cuando la máquina no tiene memoria hay que recordar que cada vez que se cambia de letras a signos o al revés, la máquina debe transmitir dos informaciones en vez de una. Si se teclea demasiado rápido es posible que alguna letra o número no sea transmitido, ya que al pulsar una tecla aún no ha terminado de transmitir la información anterior. Cuando se efectúan cambios de letras a números frecuentemente, es conveniente reducir ligeramente la velocidad de tecleado.

Algunas máquinas tienen una pequeña memoria (buffer) que permite almacenar varias letras, con lo que el operador puede adelantarse a la máquina. Este tipo de memoria suele llevar un indicador que anuncia cuándo está completa y no puede aceptar otra letra, con lo que el operador sabe que ha de reducir su velocidad de tecleo.

Algunos países obligan, en sus reglamentos, a transmitir el indicativo o los indicativos en telegrafía al principio y al final de cada transmisión. Esta información evidentemente no será captada por la máquina. La mayoría de estaciones trabajan con velocidades de 60 palabras/min y un desplazamiento de 850 Hz. También es bastante frecuente utilizar 100 palabras/min y un desplazamiento de 170 Hz.

## 15.5 UTILIZACION DE FRECUENCIAS EN HF

Debido a que el número de radioaficionados se cuenta por millones en todo el mundo, la IARU ha establecido una serie de normas sobre utilización de frecuencias según los distintos tipos de emisión. Estas normas son ley en algunos países, pero en la mayoría no. No obstante son respetadas por todos los radioaficionados y está muy mal visto no hacerlo.

Las normas de la IARU en HF son las siguientes; en la región I:

*Banda de 160 m*

Esta banda fue concedida en España a principios de 1981. Si bien según la ITU corresponden a los radioaficionados de 1.800 a 1.850 kHz, en España sólo tenemos asignado de 1.830 a 1.850 kHz. Debido al enorme tamaño de las antenas y a lo reciente de la concesión es una banda con muy poco uso y sólo para especialistas. Dentro de la porción asignada en España no hay subdivisiones y se puede trabajar en cualquier modalidad en cualquier frecuencia.

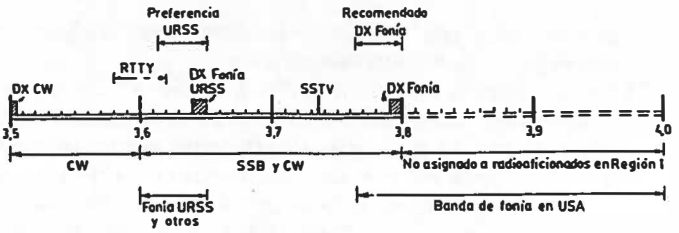



Figura 15.7 Gráfico de la banda de 80 metros.

*Banda de 80 m*

3.500 a 3.600 kHz sólo CW
3.600 a 3.800 kHz SSB y CW
RTTY 3.600 ± 20 kHz. Se recomienda utilizar preferentemente el segmento entre 3.580 y 3.600.
3.500 a 3.510. Utilizar sólo para comunicados intercontinentales en CW.
3.635 a 3.650. Utilizar sólo para comunicados intercontinentales en SSB con estaciones de la URSS.
3.790 a 3.800. Utilizar sólo para contactos intercontinentales en SSB.

Las estaciones de la URSS sólo pueden utilizar en fonía de 3.600 a 3.650 kHz, por tanto, por cortesía, tienen una cierta preferencia en ese segmento.

Las estaciones en USA con licencia extra pueden operar en SSB entre 3.775 y 3.800. El resto de las estaciones de este país sólo pueden operar entre 3.800 y 4.000 kHz, que en la región I no están asignadas al servicio de aficionados.

*Banda de 40 m*

De 7.000 a 7.040; sólo CW.
De 7.040 a 7.100; SSB y CW.
RTTY 7.040 ± 5 kHz; se recomienda emplear el segmento entre 7.035 y 7.040 kHz.

Las estaciones USA no están autorizadas a utilizar la SSB en ninguna de estas frecuencias. Sólo pueden hacerlo de 7.150 a 7.300, que en la región I no están asignadas a los radioaficionados.

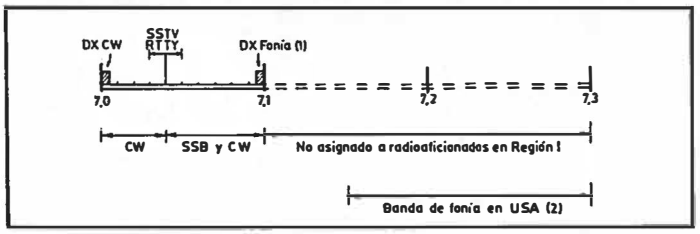



Figura 15.8 Gráfico de la banda de 40 metros.

*Banda de 30 m*

La concesión en España cubre de 10.107,5 a 10.113,5 kHz.

Sólo se debe emplear CW o RTTY. De momento aunque el reglamento español no lo prohíbe no se debe emplear fonía en esta banda.

*Banda de 20 m*

De 14.000 a 14.100; sólo CW.
De 14.100 a 14.350; SSB y CW.
RTTY 14.090 ± 10 kHz.

Las estaciones USA sólo pueden emplear en SSB el segmento de 14.200 a 14.350.

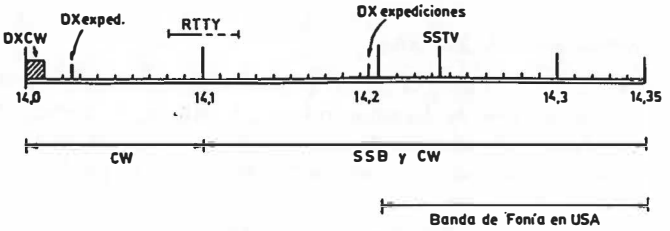



Figura 15.9 Gráfico de la banda de 20 metros.

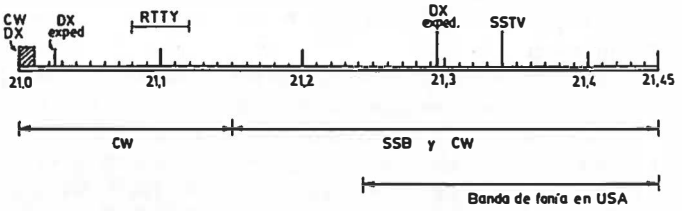



Figura 15.10 Gráficos de la banda de 15 metros

*Banda de 15 m*

21.000 a 21.150; sólo CW.
21.150 a 21.450; SSB y CW.
RTTY 21.100 ± 20 kHz.

Las estaciones USA sólo pueden emplear de 21.250 a 21.450 en SSB.

*Banda de 10 m*

28.000 a 28.200; sólo CW.
28.200 a 29.700; SSB y CW.
28.200 a 28.300; balizas.
RTTY 28.100 ± 50 kHz

Se puede emplear F3 con una desviación de ± 3 kHz, por encima de los 29 MHz.

Las estaciones USA sólo pueden emplear en SSB de 28.500 a 29.700 kHz.

Las frecuencias de SSTV recomendadas son 3.735, 7.071, 14.230, 21.340, 28.680, ± 5 kHz en todos los casos.

Las frecuencias entre 29.400 y 29.600 se utilizan para comunicación espacial. En estas frecuencias se encuentra la salida (down link) de varios satélites de radioaficionados (ver capítulo 10)

En los USA, especialmente en la costa Oeste, se encuentran varios repetidores de FM situados entre 29.500 y 29.700 kHz.

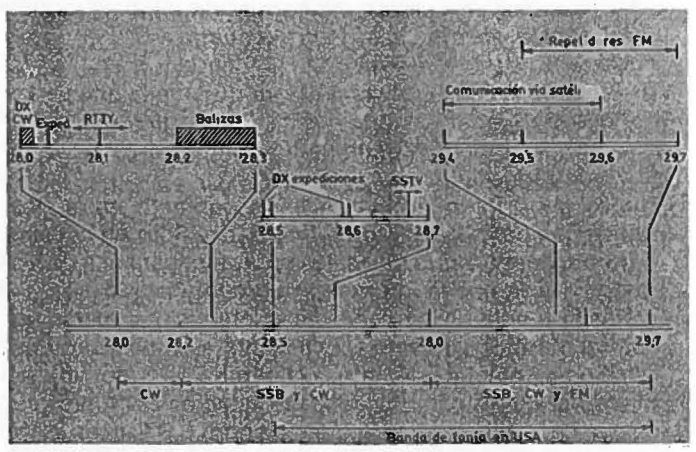



Figura 15.11 Gráfico de la banda de 10 metros

*Bandas de 18 y 24 MHz*

No están aún asignadas en España a los radioaficionados y se calcula que no lo estarán hasta finales de la década de los ochenta. En el caso de que fueran concedidas, la IARU recomienda se empleen sólo en CW o RTTY igual que la banda de 30 metros.

En general, lo que se a dado en llamar «nuevas bandas» asignadas por la conferencia mundial de telecomunicaciones de 1979 a los radioaficionados, no son consideradas por la IARU bandas de uso general. Se recomienda su empleo para experimentación y como máximo para casos de emergencia.

Como podemos ver, la telegrafía por portadora interrumpida (A1) se puede emplear siempre en cualquier frecuencia. De todas formas todas las bandas están divididas en dos sub-bandas principales, una para CW en exclusiva, al principio de la banda, y el resto para CW y SSB, aunque en realidad su uso es casi exclusivamente en SSB. Esta división está tan generalmente aceptada que, aunque no sea ley en muchos países, nunca se escuchará a una estación trabajando en fonía en la sub-banda de telegrafía, y es muy raro escuchar estaciones de telegrafía fuera de su sub-banda exclusiva.

Además de estas normas, que deben ser respetadas siempre, existen una serie de costumbres que también deben ser respetadas. Veamos algunas:

1) Las estaciones de países raros, o las expediciones a países que normalmente no salen nunca, suelen utilizar las siguientes frecuencias:
   En CW 3.505, 7.005, 14.025, 21.025 y 28.025 kHz.
   En SSB 3.795, 7.095, 14.195, 21.295, 28.495 y 28.595 kilohercios.
   Si se pretende utilizar estas frecuencias, es muy conveniente escuchar atentamente antes de emitir con el fin de no perjudicar a una estación rara o a una expedición que generalmente tiene un tiempo muy limitado para operar y tratará de hacer el mayor número de comunicados posibles.
2) Las frecuencias de balizas en 28 MHz no deben interferirse ya que son utilizadas para estudios de propagación. En algunos casos están en conexión con otras balizas en 50, 114 y 432 MHz y se utiliza la frecuencia de la baliza de 28 MHz para transmitir información.
3) Las frecuencias asignadas a RTTY o SSTV no deben emplearse con otros modos de transmisión, aunque la frecuencia esté libre.
4) No se deberán utilizar las bandas de HF para comunicados locales, al menos cuando las condiciones de propagación son buenas. Para comunicados locales se deben emplear las bandas de VHF y superiores o bien la de 80 m durante el día y la de 10 m durante la noche. La congestión en las bandas de HF es muy grande y cualquier medida que tienda a descongestionarlas va en favor de todos.
5) No se debe interrumpir nunca un contacto entre dos estaciones hasta que éste ha finalizado. Sólo en el caso de que se tenga algún mensaje importante para una de las estaciones se puede interrumpir un comunicado.
   Desde luego no se debe hacer nunca para pedir un control, saludar o cuando sólo nos interesa una de las dos estaciones, por ser país raro o cualquier otro motivo.
6) Si al final de un comunicado una estación comunica su deseo de retirarse, en fonía diciendo QRT o en CW transmitiendo CL, no se le puede llamar nunca. Es muy posible que por cortesía conteste, pero seguro que estamos causando un perjuicio.
7) Las frecuencias no pertenecen a nadie. Quien primero ocupe una frecuencia libre tiene preferencia hasta que se retire de ella. Es muy buena costumbre escuchar atentamente durante un minuto para cercionarse de que una frecuencia está libre, o bien preguntar (en telegrafía se emplea la letra C o bien QRL) antes de utilizar la frecuencia.
8) En el caso de que se haya establecido una cita en una frecuencia fija con otra estación y se encuentre la frecuencia ocupada, se debe pedir permiso a las estaciones que la ocupan y una vez establecido el contacto con la estación deseada, cambiar la frecuencia si esto es posible.

Todas las limitaciones que hasta ahora se han mencionado afectan tanto a los titulares con licencia A como a los titulares de licencia C. Evidentemente estos últimos tienen mayores limitaciones que están claramente establecidas en el reglamento. En los sectores que les corresponden también deben respetar las normas generales de utilización de frecuencias.

## 15.6 OPERACION EN BANDAS DE VHF Y SUPERIORES

Las características técnicas de estas bandas introducen una serie de condicionantes que hay que tener en cuenta. En las bandas de HF, donde la propagación ionosférica permite un alcance mundial, las normas de operación son iguales en todo el mundo con muy pequeñas diferencias. En cambio, en VHF y superiores, las condiciones de propagación muy raras veces permiten realizar contactos a distancias superiores a los 1.000 km; por tanto las normas difieren bastante de una zona a otra. En adelante nos vamos a referir a las normas aceptadas en la región I de la IARU y más particularmente en Europa.

## 15.7 UTILIZACION DE FRECUENCIAS EN VHF Y SUPERIORES

Igual que en HF, existe un reparto de frecuencias que, para las bandas de 144 y 432 MHz, son las siguientes:

144.000–144.150 sólo CW
- 144.000–144.010 Rebote lunar
- 144.050 Llamada general en CW
- 144.100 Llamada de Meteor-scatter en CW

144.150±5 kHz Balizas regionales

144.150–144.500 SSB y CW
- 144.200 Llamada de Meteor-scatter en SSB
- 144.300 Llamada general

144.500–145.000 Todos los modos
- 144.500 Llamada en SSTV
- 144.600 Llamada en RTTY
- 144.700 Llamada facsímil
- 144.750 Canal de sonido para estaciones de TV trabajando en 432 MHz

144.900±100 kHz Balizas

La banda de 144.000 a 144.975 debe utilizarse para comunicados DX. Los comunicados locales deben hacerse de 145.000 a 145.800.

| | | |
|---|---|---|
| 145.000 | Entrada repetidor | R–0 |
| 145.025 | » » | R–1 |
| 145.050 | » » | R–2 |
| 145.075 | » » | R–3 |
| 145.100 | » » | R–4 |
| 145.125 | » » | R–5 |
| 145.150 | » » | R–6 |
| 145.175 | » » | R–7 |
| 145.200 | » » | R–8 |
| 145.225 | » » | R–9 |
| 145.250–145.500 | Todos los modos; 145.300 RTTY Local | |
| 145.500–145.575 | Canales de comunicación símplex. | |
| 145.500 | Canal de llamada en FM móvil. | S–20 |
| 145.525 | | S–21 |
| 145.550 | | S–22 |
| 145.575 | | S–23 |
| 145.600 | Salida repetidor | S–0 |
| 145.625 | » » | S–1 |
| 145.650 | » » | S–2 |
| 145.675 | » » | S–3 |
| 145.700 | » » | S–4 |
| 145.725 | » » | S–5 |
| 145.750 | » » | S–6 |
| 145.775 | » » | S–7 |
| 145.800 | » » | S–8 |
| 145.825 | » » | S–9 |
| 145.850–146.000 | Comunicación espacial (vía satélite) | |

Las frecuencias de entrada de los repetidores no deben emplearse para comunicación símplex.

Las frecuencias de salida de repetidores se pueden emplear en símplex, siempre que no se interfiera la salida de un repetidor. Se recomienda no usarlas en lo posible.

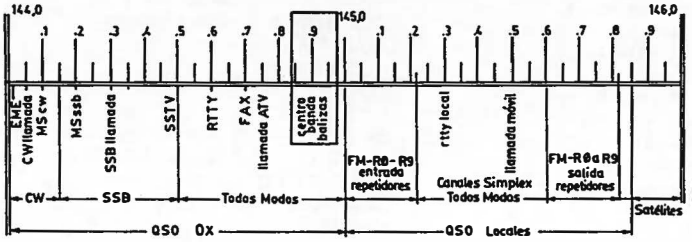



Figura 15.12 Gráfico de la banda de 2 metros

*Banda de 432 MHz.*

| | | |
|---|---|---|
| 430–432 MHz todos los modos. | | |
| 431.025–431.500 | 19 entradas de repetidor (R-68 a R-86) separadas 25 kHz | |
| 432–433 Reservado para DX | | |
| 432.000–432.150 | Exclusivo CW | |
| 432.000–432.010 | Rebote lunar. | |
| 432.050 | Llamada CW. | |
| 432.100 | Llamada de Meteor-scatter en CW | |
| 432.150 ± 25 kHz | Comunicación espacial vía satélite | |
| 432.150–432.500 | CW y SSB. | |
| 432.200 | Llamada de Meteor-scatter en SSB. | |
| 432.300 | Llamada general. | |
| 432.500–433.000 | Todos los modos. | |
| 432.500 | Llamada en SSTV | |

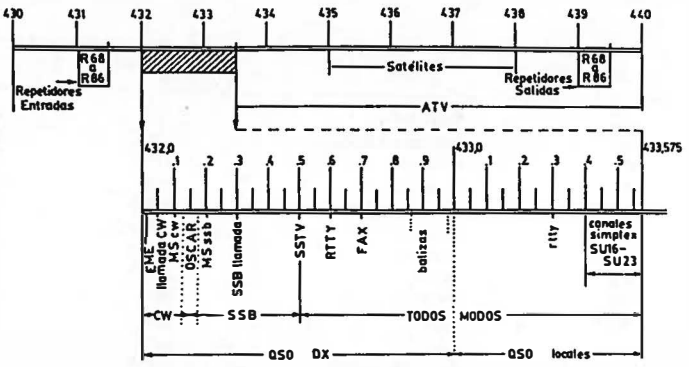



Figura 15.13 Gráfico de la banda de 70 centímetros

| | | |
|---|---|---|
| 432.600 | Llamada en RTTY | |
| 432.700 | Llamada en facsímil. | |
| 432.900 ± 100 kHz | Balizas. | |
| 433.000–433.575 | Todos los modos Local | |
| 433.400–433.575 | 8 canales de FM símplex (SU 16-SU 23) separados 25 kHz | |
| 433.600–440.000 | Televisión de aficionado. | |
| 435.000–438.000 | Comunicación espacial vía satélite. | |
| 439.025–439.500 | 19 salidas de repetidor (R-68 a R-86) | |

Las frecuencias de 432 MHz están en continuo cambio debido a las diferentes técnicas existentes en los diferentes países.

Todavía no se ha llegado a acuerdos generales que definan la separación entre entrada y salida de los repetidores, normas de utilización de televisión, etc.; sólo entre 432 y 433, o sea en la banda de DX, los acuerdos son firmes.

En las bandas de 1.296 MHz y superiores, si bien existen algunas normas, debido a la escasa actividad aún no son muy firmes. Incluso en las normas de 432 MHz existen algunas discrepancias entre varios países europeos.

Por la distribución de frecuencias vemos que se establecen claras diferencias entre el trabajo a larga distancia (DX) y el trabajo local, y dentro de éste, entre el trabajo normal de punto a punto y el trabajo a través de repetidores con frecuencias claramente separadas para cada uso.

## 15.8 EL DX EN HF

Como otras muchas actividades del hombre, la radio tiene varias especialidades. Pero hay una por la que casi todos los radioaficionados pasan antes o después; es la práctica del DX. Como vimos en las abreviaturas, el DX quiere decir larga distancia. Generalizando, la palabra DX significa intentar contactar con el mayor número de países posible, en todo el mundo. Es la demostración de la eficacia de una estación para ello. Constituye una actividad de coleccionista y tiene varias vertientes. Coleccionar países, coleccionar zonas CQ o zonas ITU, ciudades del mundo, islas, etc. La actividad en este campo es tan importante que continuamente se editan boletines de información, se establecen redes de enlace e incluso se han creado fundaciones para ayudar económicamente a los radioaficionados que deseen realizar expediciones para transmitir desde los países más raros.

La actividad de DX nace con la radioafición, ya que siempre se ha intentado contactar lo más lejos posible. De todas maneras, el gran avance de esta especialidad se obtiene a raíz del enorme prestigio que han obtenido, y

| Prefijo | País | Prefijo | País | Prefijo | País |
|---|---|---|---|---|---|
| A2 | Botswana | GW | Gales | P2(6) | Papua Nueva Guinea |
| A3 | Rep. de Tonga | H4 | Salomón I. | PA/D/E/I | Holanda |
| A4 | Omán | HA | Hungría | PJ | Antillas Holandesas |
| A5 | Bhutan | HB | Suiza | PJ | S. Martín, Saba y |
| A6 | Unión de Emiratos Arabes | HB0 | Liechtenstein | | S. Eustatius |
| A7 | Qatar | HC,HD | Ecuador | PY | Brasil |
| A9 | Bahrain | HC8 | Galápagos I. | PY0 | Fernando de Noronha I. |
| AA | Ver K | HH | Haití | PY0 | S. Rocas de |
| AP | Pakistán | HI | Rep. Dominicana | | S. Pedro y S. Pablo |
| BV | Taiwan | HK | Colombia | PY0 | Trindade y Martim Vaz I. |
| BY | China | HK0 | Malpelo I. | PZ | Surinam |
| C2 | Rep. de Nauru | HK0 | S. Andrés y Providencia I. | S2 | Bangladesh |
| C3 | Andorra | HL, HM | Corea | S7 | Seychelles I. |
| C5 | Gambia | HP | Panamá | S9 | Santo Tomé y Príncipe I. |
| C6 | Bahamas I. | HR | Honduras | SK/L/M | Suecia |
| C9 | Mozambique | HS | Thailandia | SP | Polonia |
| CE | Chile | HT | Nicaragua | ST | Sudán |
| CE9AA-AM | Antártica | HV | Vaticano | ST0 | Sudán del Sur |
| FB8Y,KC4 | | HZ,7Z | Arabia Saudí | SU | Egipto |
| LA,LU-Z,OR4, | | I,IT | Italia | SV | Grecia |
| UA1,UK1,VK4 | | IS,IM | Cerdeña I. | SV9 | Creta I. |
| VP8,ZL5,ZS1, | | J2 | Djibouti | SV5 | Dodecaneso |
| 3Y,4K,8J | | J3 | Grenada y Dependencies | SV | Monte Athos |
| CE9AN-AZ | Ver VP8 | J5 | Ver CR3 | T2 | Tuvalu (Ellice) |
| CE0A | Pascua I. (Easter I.) | J6 | St. Lucía I. | T30 | Kiribati Occidental |
| CE0X | San Félix I. | J7 | Dominica I. | | (Gilbert-Ocean) |
| CE0Z | Juan Fernández I. | J8 | St. Vincent I. | T31 | Kiribati Central (Phoenix) |
| CM,CO | Cuba | JA/E/G/H/R,KA | Japón | T32 | Kiribati Oriental (Line) |
| CN | Marruecos | JD,KA | Minami Torishima I. | T4* | Vandaland |
| CP | Bolivia | JD,KA | Ogasawara I. | T7 | S. Marino |
| CR9 | Macao | JT | Mongolia | TA | Turquía |
| CT | Portugal | JW | Svalbard I. | TF | Islandia |
| CT2 | Azores I. | JX | Jan Mayen I. | TG | Guatemala |
| CT3 | Madeira I. | JY | Jordania | TI | Costa Rica |
| CX | Uruguay | K,W,N,A, | Estados Unidos de Am. | TI9 | Cocos I. |
| D2-3 | Angola | KA | Ver JD | TJ | Camerún |
| D4 | Rep. de Cabo Verde I. | KC4 | Ver CE9AA-AM | TL(7) | Rep. Centro Africana |
| D6 | Comoros I. | KC6 | Carolina Occidental I. | TN(8) | Congo |
| DA, DF,DJ, | | KC6 | Carolina Oriental I. | TR(9) | Gabón |
| DK,DL(2) | Rep. Fed. de Alemania | KG4 | Guantánamo Bay | TT(10) | Chad |
| DU | Rep. de Filipinas | KH0 | Mariana I. | TU(11) | Costa de Marfil |
| EA,EB,EC | España | KH1 | Baker, Howland y | TY(12) | Benim |
| EA6,EB6,EC6 | Baleares I. | | Phoenix Am. I. | TZ(13) | Malí |
| EA8,EB8,EC8 | Canarias I. | KH2 | Guam | UA,UK1/3/4/6. | Rusia Europea |
| EA9,EB9,EC9 | Ceuta y Melilla | KH3 | Johnston I. | UV,UW1-6,UN1 | |
| EI | Rep. de Irlanda | KH4 | Midway I. | RA,UK6A/E/H/I | |
| EL | Liberia | KH5 | Palmyra, Jarvis, I. | J/L/P/U/W/X/Y/ | |
| EP | Irán | KH5K | Kingman Reef | UA95/W | |
| ET | Etiopía | KH6 | Hawaii I. | UA1,UK1 | Tierra de Francisco José |
| F | Francia | KH7 | Kure I. | UA1,UK1 | Ver CE9AA-AM |
| FB8W | Crozet I. | KH8 | Samoa Americana I. | UA2,RA2,UK2F | Kaliningrado |
| FB8X | Kerguelen I. | KH9 | Wake I. | UA,UK,UV,RA, | Rusia Asiática |
| FB8Y | Ver CE9AA-AM | KL7 | Alaska | UW9-0 | |
| FB8Z | Amsterdam y St. Paul I. | KP1 | Navassa I. | | |
| FC* | Córcega I. | KP2 | Vírgenes I. | UB,UK,UT,UY5 | Ucrania |
| FG,FS* | Guadalupe I. | KP4 | Puerto Rico | RB5 | |
| FH(1) | Mayotte I. | KP4(5) | Desecheo I. | UC2,UK2A/C/I/ | Rusia Blanca |
| FK | Nueva Caledonia | KX | Marshall I. | L/O/S/W/RC2 | |
| FM | Martinique I. | LA/B/F/G/J | Noruega | UD6/UK6C/D/F | Azerbaiján |
| FO | Chippertón I. | LA | Ver CE9AA-AM | RD6 | |
| FO | Polinesia Francesa. | LU | Argentina | UF6,UK6F/O/Q/ | Georgia |
| FP | St. Pierre y Miquelón | LU-Z | Ver CE9AA-AM, VP8 | V,RF6 | |
| FR | Reunión I. | LX | Luxemburgo | UG6,UK6G,RG6 | Armenia |
| FR/G(3) | Glorioso I. | LZ | Bulgaria | UH8,UK8H,RH8 | Turkoman |
| FR/J/E(3) | Juan de Nova. Europa | N | Ver K | UI8,UK8,R18 | Uzbek |
| FR/T | Tromelin I. | OA | Perú | UJB,UK8J/R | Tadzhik |
| FS | S. Martín Francés | OD | Líbano | RJB | |
| FW | Wallis y Fortuna I. | OE | Austria | UL7,UK7,RL7 | Kazakh |
| FY | Guayana Francesa | OH | Finlandia | UMB,UKBM/N | Kirghiz |
| G | Inglaterra | OH0 | Aland I. | RMB | |
| GD | Man I. | OJ0 | Market | UO5,UK50,RO5 | Moldavia |
| GI | Irlanda del Norte | OK | Checoslovaquia | UP2,UK2B/P.RP2 | Lituania |
| GJ,GC | Jersey I. | ON | Bélgica | UQ2,UK2G/Q,RQ2 | Letonia |
| GM | Escocia | OR4 | Ver CE9AA-AM | UR2,UK2R/T:RR2 | Estonia |
| GU,GC | Guernesey y | OX,XP | Groenlandia | V2 | Antigua y Bermuda |
| | Y Dependencias I. | OY | Feroe I. | V3 | Belize |
| *Prefijo no oficial. | | OZ | Dinamarca | VE,VO,VY1 | Canadá |

Tabla 15.1 Lista de países del DXCC. (Ver notas en tabla 15.2)

| Prefijo | País | Prefijo | País | Prefijo | País |
|---|---|---|---|---|---|
| VE1, VX9 | Sable I. | YJ | Nuevas Hébridas | 4U | Naciones Unidas, Nueva York |
| VE1, VY0 | S. Paul | YK | Siria | 4W | Yemen |
| VK | Australia | YO | Rumania | 4Z,4X | Israel |
| VK,LH | Lord Howe I. | YS | El Salvador | 5A | Libia |
| VK9Z | Willis I. | YU | Yugoslavia | 5B,ZC | Chipre |
| VK9 | Mellish Reef. | YV | Venezuela | 5H | Tanzania |
| VK9N | Norfolk I. | YV0 | Aves I. | 5N | Nigeria |
| VK9X | Christmas I. | Z2 | Zimbawe | 5R | Madagascar |
| VK9Y | Cocos I. | ZA | Albania | 5T(19) | Mauritania |
| VK0 | Ver CE9AA-AM | ZB | Gibraltar | 5U (20) | Niger |
| VK0 | Heard I. | ZD7 | Sta. Helena | 5V | Togo |
| VK0 | Macquarie I. | ZD8 | Ascensión I. | 5W | Samoa Occidental I. |
| VO | Ver VE | ZD9 | Tristán da Cunha y Gough I. | 5X | Uganda |
| VP2E(14) | Anguilla I. | ZF | Cayman I. | 5Z | Kenya |
| VP2K (14) | S. Kitts. Nevis I. | ZK1 | Cook del Sur I. | 6O | Somalia |
| VP2M (14) | Montserrat I. | ZKF1 | Cook del Norte I. | 6W (21) | Senegal |
| VP2V (14) | Vírgenes Británicas I. | ZK2 | Niue I | 6Y | Jamaica |
| VP5 | Turks y Caicos I. | ZL | Nueva Zelanda | 7O | Rep. Democrática del Yemen |
| VP8 | Ver CE9AA-AM. | ZL/A | Auckland y Campbell I. | 7P | Lesotho |
| VP8 | Falkland I. | ZL/C | Chathan I. | 7Q | Malawi |
| VP8,LU-Z | Georgia del Sur I. | ZL/K | Kermadec I. | 7X | Argelia |
| VP8-LU-Z | Orkney del Sur I. | ZL5 | Ver CE9AA-AM | 7Z | Ver HZ |
| VP8-LU-Z | Sandwich del Sur I. | ZM7 | Tokelaus I. | 8J | Ver CE9AA-AM |
| VP8-LU-Z | | ZP | Paraguay | 8P | Barbados I |
| CE9AN-AZ | Shetland del Sur I. | ZS1/2/4/5/6 | Africa del Sur | 8Q, VS9 | Maldive I. |
| VP9 | Bermuda I. | ZS1 | Ver CE9AA-AM | 8R | Guyana |
| VQ9 | Chagos I. | ZS2 | Príncipe Eduardo y Marion I. | 9G (22) | Ghana |
| VR6 | Pitcairn I. | ZS3 | Africa del Suroeste (Namibia) | 9H | Malta |
| VS5 | Brunei | 1A | Orden de Malta | 9J | Zambia |
| VS6 | Hong Kong | 1S* | Spratly I. | 9K | Kuwait |
| VU | India | 3A | Mónaco | 9L | Sierra Leona |
| VU7 | Andaman y Nicobar I. | 3B6,7 | Agalega y S. Brandon | 9M2 (23) | Malasia Occidental |
| VU7 | Laccadive I. | 3B8 | Mauritius I. | 9M6,9M8 (23) | Malasia Oriental |
| W | Ver K | 3B9 | Rodríguez I. | 9N | Nepal |
| XE | México | 3C | Guinea Ecuatorial | 9Q | Rep. del Zaire |
| XF4 | Revilla Gigedo I. | 3C0 | Annobon | 9U (24) | Burundi |
| XT(16) | Alto Volta | 3D2 | Fiji I. | 9V (25) | Singapur |
| XU | Rep. Khmer (Camboya) | 3D6 | Swazilandia | 9X (24) | Ruanda |
| XV | Vietnam | 3V | Túnez | 9Y | Trinidad y Tobago I. |
| XW | Rep. Democrática de Laos | 3X,7G | Rep. de Guinea | | Abu Ail; Jabal at Tair |
| XZ | Burma | 3Y | Bouvet I. | NOTA: | |
| Y2/4/3/6/9 (17) | Rep. Democrática de Alemania | 3Y | Ver CE9AA-AM | T3K (VR1) | Kiribati Occidental |
| YA | Afganistán | 4K | Ver CE9AA-AM | T3L (VR3, 7) | Kiribati Oriental |
| YB,YC (18) | Indonesia | 4S | Sri Lanka (Ceylan) | T3P (VR1) | Kiribati Central |
| YI | Irak | 4U | ITU Ginebra | *Prefijo no oficial | |

Los prefijos USA que empiezan por una K pueden ser usados indistintamente por las estaciones continentales o por las dependencias. Excepciones: KC4AAA a KC4AAF y KC4USA a KC4 USZ son de la Antártida.

Las estaciones KA con cualquier número, excepto el 1, y dos letras detrás del número son estaciones militares en Japón.

Las estaciones KA con una o tres letras detrás del número y las estaciones KA1 son actualmente USA.

KH6 y KL7 corresponden siempre a Hawaii y Alaska, respectivamente. Asimismo son de Hawaii los prefijos AH6, WH6 y NH6. Y de Alaska los prefijos AL7, WL7 y NL7.

En cualquier otro caso, para saber si la estación se encuentra en USA o en alguna dependencia hay que consultar o esperar a la QSL.

Los siguientes países son válidos para el WAE y no son válidos para el DXCC:

| | |
|---|---|
| GM | Shetland I. |
| IT9 | Sicilia I. |
| JW | Bear I. |
| TA1 | Turquía Europea |
| UN1 | República Carelofinlandesa |

Tabla 15.1 (Continuación)

mantienen, varios diplomas que premian a los que se dedican a esta actividad.

El primero de ellos es el DXCC (DX Century Club o Club de los 100 DX) que se entrega al radioaficionado que demuestre haber contactado con 100 países distintos. A partir de esos 100 se otorgan endosos por cada 25 países más hasta llegar a 250. A partir de 250 se entregan endosos por cada 10 nuevos países. Cuando se consigue llegar a 300 países se entra en lo que se denomina «Honor Roll» o cuadro de honor del DXCC.

El «Honor Roll» se establece con los 319 países que actualmente forman la lista del DXCC. Estos países no son lo que políticamente entendemos por país, sino que se basan en una serie de normas por las que islas suficientemente separadas, o territorios con administraciones semiautónomas, constituyen países distintos aunque políticamente pertenezcan al mismo.

Por ejemplo en España, la península, Baleares, Canarias y Norte de Africa constituyen cuatro países distintos. En la URSS cada una de las repúblicas y territorios constituyen un país. En cambio los EE.UU. continentales, el Canadá o Brasil, a pesar de su tamaño, constituyen un sólo país. Ver tablas 15.1 a 15.4.

Los países varían con el tiempo, bien sea por condiciones geopolíticas o por variación de las normas para obtener la clasificación de país. Algunos desaparecen y se crean otros nuevos. Esto hace que algunas estaciones tengan más países que los que aparecen en la clasificación, pero sólo

1 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 5 de julio de 1975.
2 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 17 de septiembre de 1973.
3 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 25 de junio de 1960.
4 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 30 de mayo de 1976.
5 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 1 de marzo de 1979.
6 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 16 de septiembre de 1975.
7 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 13 de agosto de 1960.
8 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 15 de agosto de 1960.
9 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 17 de agosto de 1960.
10 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 11 de agosto de 1960.
11 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 7 de agosto de 1960.
12 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 1 de agosto de 1960.
13 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 20 de junio de 1960.
14 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 1 de junio de 1958.
15 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 1 de enero de 1976.
16 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 6 de agosto de 1960.
17 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 1 de enero de 1980.
18 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 1 de mayo de 1963.
19 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 20 de junio de 1960.
20 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 3 de agosto de 1960.
21 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 20 de junio de 1960.
22 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 5 de marzo de 1957.
23 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 16 de septiembre de 1963.
24 - Sólo son válidos los contactos realizados a partir del 1 de julio de 1962.
25 - Sólo son válidos los contactos realizados con anterioridad al 15 de septiembre de 1963 y con posterioridad al 9 de agosto de 1965.

Tabla 15.2 Notas a la lista de países del DXCC.

| | |
|---|---|
| AC3-Sikkim: | Los contactos realizados antes del 1 de mayo de 1975 contarán para este país. Los contactos realizados el 1 de mayo de 1975, y posteriormente, cuentan como India. |
| AC4-Tibet: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de junio de 1974 cuentan para este país. |
| C9-Manchuria: | Solamente los contactos realizados antes del 16 de septiembre de 1953 contarán para este país. |
| CN2-Tánger: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de julio de 1960 contarán para este país. |
| CR8-Damao, Diu Goa: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de enero de 1962 contarán para este país. |
| CR8-Timor Portugués: | Solamente los contactos realizados antes del 15 de septiembre de 1976 contarán para este país. |
| DA, DJ, DK, DL, DM, Alemania: | Solamente los contactos antes del 17 de septiembre de 1973 contarán para este país. |
| DM, DT.-RD. Alemana: | Solamente los contactos realizados entre el 17 de septiembre de 1973 y el 31 de diciembre de 1979 contarán para este país. |
| EA9-Río de Oro (Sahara Español): | Solamente los contactos realizados el 13 de mayo de 1969, y con anterioridad, contarán para este país. |
| EA9-Ifni: | Solamente los contactos realizados antes del 8 de enero de 1976 contarán para este país. |
| ET2-Eritrea: | Solamente los contactos realizados el 14 de noviembre de 1962, y con anterioridad, contarán para este país. |
| FF8. Africa Occ. Francesa: | Solamente los contactos realizados el 6 de agosto de 1960, y con anterioridad, contarán para este país. |
| FH8-Comoros I: | Solamente los contactos realizados antes del 6 de julio de 1976 contarán para este país. |
| FI8-Indochina Francesa: | Solamente los contactos realizados antes del 21 de diciembre de 1950 contarán para este país. |
| FN-India Francesa: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de noviembre de 1954 contarán para este país. |
| FQ8-Afric Ec. Francesa: | Solamente los contactos realizados el 16 de agosto de 1960, y con anterioridad, contarán para este país. |
| I1-Trieste: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de abril de 1957 contarán para este país. Los contactos realizados el 1 de abril de 1957, y posteriormente, cuentan como Italia. |
| I5-Somalia Italiana: | Solamente los contactos realizados el 30 de junio de 1960, y anteriormente, contarán para este país. |
| JZO-Nueva Guinea Holandesa: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de mayo de 1963 contarán para este país. |
| KR6/8, JR6, KA6, Ryukkyu: | Solamente los contactos realizados antes del 15 de mayo de 1975 contarán para este país. Los contactos realizados el 15 de mayo de 1972, y posteriormente cuentan como Japón. |
| KS4-Swan I: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de septiembre de 1972 contarán para este país. Los contactos realizados el 1 de septiembre de 1972, y después, cuentan como Honduras. |
| VK9, P2 - Territorio Papúa<br>VK9, P2 - Territorio de Nueva Guinea: | Solamente los contactos realizados antes del 15 de septiembre de 1975 contarán para este país. |
| PKI, 2, 3. Java.<br>PK4 - Sumatra<br>PK5 - Borneo Holandés. | Solamente los contactos realizados antes de 1 de mayo de 1963 contarán para este país. |
| PK6-Célebes y Molucas I:<br>UN1-Repúb. de Karelo-Fiunish: | Solamente los contactos realizados el 30 de junio de 1960, y anteriormente, contarán para este país. Los contactos realizados el 1 de julio de 1960, y posteriormente, contarán como Rusia Europea. |
| VO-Terranova y Labrador: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de abril de 1949 contarán para este país. |
| VQ1, 5H1-Zanzíbar: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de junio de 1974 contarán para este país. |
| VQ6-Somalia Británica: | Solamente los contactos realizados el 30 de junio de 1960, y anteriormente, contarán para este país. |
| VQ9-Aldabra, Desroches, Furqubar 1: | Solamente los contactos realizados antes del 29 de junio de 1976 contarán para este país. |
| VS4-Sarawak, ZC5, 9M2: | Solamente los contactos realizados el 15 de septiembre de 1963, y anteriormente, contarán para este país. |
| VS9H-Kuria-Muria Is.: | Solamente los contactos realizados antes del 30 de noviembre de 1967 contarán para este país. Los contactos realizados el 1 de diciembre de 1967, y posteriormente, cuentan como Omán. |
| ZC5-Borneo del Norte Británico: | Idem que para VS4. |
| ZC6-Palestina: | Solamente los contactos realizados el 1 de julio de 1963, y anteriormente, contarán para este país. |
| ZD4-Costa de Oro-Togolandia: | Solamente los contactos realizados el 5 de marzo de 1957, y anteriormente, contarán para este país. |
| IM-Minerva Reefs: | Solamente los contactos realizados el 15 de julio de 1972, y anteriormente, contarán para este país. Los contactos realizados el 16 de julio, y posteriormente, cuentan como Tonga. |

Tabla 15.3 Lista de países anulados del DXCC. Los comunicados serán válidos para cualquiera de estos países si las fechas de los mismos coinciden con las fechas que se indican a continuación de cada indicativo.

| | |
|---|---|
| 9K3-8Z5-Zona Neutral -Kuwait: | Solamente los contactos realizados el 15 de diciembre de 1960 contarán para este país. |
| 9M2-Malasia: | Idem que para VS4. |
| 9S4-Suar: | Solamente los contactos realizados antes del 1 de abril de 1957 contarán para este país. Los contactos realizados el 1 de abril de 1957, y posteriormente, cuentan como Alemania. |
| 9U5-Ruanda, Burundi: | Solamente los contactos realizados entre el 1 de julio de 1960 y el 1 de julio de 1962 contarán para este país. |
| Blenheim Reef: | Solamente los contactos realizados entre el 4 de mayo de 1967 y el 1 de julio de 1975 contarán para este país. Los contactos realizados el 1 de julio de 1975, y posteriormente, contarán como Chagos. |
| Geyser Reef: | Solamente los contactos realizados entre el 4 de mayo de 1967 y el 1 de marzo de 1978 contarán para este país. |

Tabla 15.3 (Continuación)

| | |
|---|---|
| AAA-ALZ | Estados Unidos de América |
| AMA-AOZ | España |
| APA-ASZ | Pakistán (República Islámica de) |
| ATA-AWZ | India (República de) |
| AXA-AXZ | Australia |
| AYA-AZZ | Argentina (República) |
| A2A-A2Z | Bostwana (República de) |
| A3A-A3Z | Tonga (Reino de) |
| A4A-A4Z | Omán (Sultanía de) |
| A5A-A5Z | Bhután (Reino de) |
| A6A-A6Z | Emiratos Arabes Unidos |
| A7A-A7Z | Qatar (Estado de) |
| A8A-A8Z | Liberia (República de) |
| A9A-A9Z | Bahrein (Estado de) |
| BAA-BZZ | China (República Popular de) |
| CAA-CEZ | Chile |
| CFA-CKZ | Canadá |
| CLA-CMZ | Cuba |
| CNA-CNZ | Marruecos (Reino de) |
| COA-COZ | Cuba |
| CPA-CPZ | Bolivia (República de) |
| CQA-CUZ | Portugal |
| CVA-CXZ | Uruguay (República Oriental del) |
| CYA-CZZ | Canadá |
| C2A-C2Z | Nauru (República de) |
| C3A-C3Z | Andorra (Principado de) |
| C4A-C4Z | Chipre (República de) |
| C5A-C5Z | Gambia (República de) |
| C6A-C6Z | Bahamas (Commonwealth de las) |
| *C7A-C7Z | Organización Meteorológica Mundial |
| C8A-C9Z | Mozambique (República Popular de) |
| DAA-DRZ | Alemania (República Federal de) |
| DSA-DTZ | República de Corea |
| DUA-DZZ | Filipinas (República de) |
| D2A-D3Z | Angola (República Popular de) |
| D4A-D4Z | Cabo Verde (República de) |
| D5A-D5Z | Liberia (República de) |
| D6A-D6Z | Comorás (República Federal e Islámica de las) |
| D7A-D9Z | República de Corea |
| EAA-EHZ | España |
| EIA-EJZ | Irlanda |
| EKA-EKZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| ELA-ELZ | Liberia (República de) |
| EMA-EOZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| EPA-EQZ | Irán (República Islámica del) |
| ERA-ESZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| ETA-ETZ | Etiopía |
| EUA-EWZ | Bielorrusia (República Socialista Soviética de) |
| EXA-EZZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| FAA-FZZ | Francia |
| GAA-GZZ | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte |
| HAA-HAZ | Hungría (República Popular de) |
| HBA-HBZ | Suiza (Confederación) |
| HCA-HDZ | Ecuador |
| HEA-HEZ | Suiza (Confederación) |
| HFA-HFZ | Polonia (República Popular de) |
| HGA-HGZ | Hungría (República Popular de) |
| HHA-HHZ | Haití (República de) |
| HIA-HIZ | Dominicana (República) |
| HJA-HKZ | Colombia (República de) |
| HLA-HLZ | República de Corea |
| HMA-HMZ | República Popular Democrática de Corea |
| HNA-HNZ | Iraq (República de) |
| HOA-HPZ | Panamá (República de) |
| HQA-HRZ | Honduras (República de) |
| HSA-HSZ | Tailandia |
| HTA-HTZ | Nicaragua |
| HUA-HUZ | El Salvador (República de) |
| HVA-HVZ | Ciudad del Vaticano (Estado de la) |
| HWA-HYZ | Francia |
| HZA-HZZ | Arabia Saudita (Reino de) |
| H2A-H2Z | Chipre (República de) |
| H3A-H3Z | Panamá (República de) |
| H4A-H4Z | Salomón (Islas) |
| H6A-H7Z | Nicaragua |
| H8A-H9Z | Panamá (República del) |
| IAA-IZZ | Italia |
| JAA-JSZ | Japón |
| JTA-JVZ | Mongolia (República Popular de) |
| JWA-JXZ | Noruega |
| JYA-JYZ | Jordania (Reino Hachemita de) |
| JZA-JZZ | Indonesia (República de) |
| J2A-J2Z | Djibouti (República de) |
| J3A-J3Z | Granada |
| J4A-J4Z | Grecia |
| J5A-J5Z | Guinea-Bissau (República de) |
| J6A-J6Z | Santa Lucía |
| *J7A-J7Z | Dominica |
| KAA-KZZ | Estados Unidos de América |
| LAA-LNZ | Noruega |
| LOA-LWZ | Argentina (República de) |
| LXA-LXZ | Luxemburgo |
| LYA-LYZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| LZA-LZZ | Bulgaria (República Popular de) |
| L2A-L9Z | Argentina (República de) |
| MAA-MZZ | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte |
| NAA-NZZ | Estados Unidos de América |
| OAA-OCZ | Perú |
| ODA-ODZ | Líbano |
| OEA-OEZ | Austria |
| OFA-OJZ | Finlandia |
| OKA-OMZ | Checoslovaquia (República Socialista de) |
| ONA-OTZ | Bélgica |
| OUA-OZZ | Dinamarca |
| PAA-PIZ | Países Bajos (Reino de los) |
| PJA-PJZ | Antillas Holandesas |
| PKA-POZ | Indonesia (República de) |
| PPA-PYZ | Brasil (República Federativa del) |
| PZA-PZZ | Suriname (República de) |
| P2A-P2Z | Papúa-Nueva Guinea |
| P3A-P3Z | Chipre (República de) |
| P4A-P4Z | Antillas Holandesas |
| P5A-P9Z | República Popular Democrática de Corea |
| QAA-QZZ | (Abreviaturas reglamentarias) |
| RAA-RZZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| SAA-SMZ | Suecia |
| SNA-SRZ | Polonia (República Popular de) |
| SSA-SSM | Egipto (República Arabe de) |
| SSN-STZ | Sudán (República Democrática del) |
| SUA-SUZ | Egipto (República Arabe de) |
| SVA-SZZ | Grecia |
| S2A-S3Z | Bangladesh (República Popular de) |
| S6A-S6Z | Singapur (República de) |
| S7A-S7Z | Seychelles (República de) |
| S9A-S9Z | Santo Tomé y Príncipe (República Democrática de) |
| TAA-TCZ | Turquía |

Tabla 15.4 Cuadro de atribución de series internacionales de distintivos de llamada. Las series de distintivos de llamada precedidas de asterisco están atribuidas a organizaciones internacionales.

| | |
|---|---|
| TDA-TDZ | Guatemala (República de) |
| TEA-TEZ | Costa Rica |
| TFA-TFZ | Islandia |
| TGA-TGZ | Guatemala (República de) |
| THA-THZ | Francia |
| TIA-TIZ | Costa Rica |
| TJA-TJZ | Camerún (República Unida del) |
| TKA-TKZ | Francia |
| TLA-TLZ | Centroafricana (República) |
| TMA-TMZ | Francia |
| TNA-TNZ | Congo (República Popular del) |
| TOA-TQZ | Francia |
| TRA-TRZ | Gabón (República de) |
| TSA-TSZ | Túnez |
| TTA-TTZ | Chad (República del) |
| TUA-TUZ | Costa de Marfil (República de la) |
| TVA-TXZ | Francia |
| TYA-TYZ | Benín (República popular de) |
| TZA-TZZ | Malí (República del) |
| T2A-T2Z | Tuvalu |
| T3A-T3Z | Kiribati (República de) |
| T4A-T4Z | Cuba |
| T5A-T5Z | Somalia (República Democrática de) |
| T6A-T6Z | Afganistán (República Democrática del) |
| UAA-UQZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| URA-UTZ | República Socialista Soviética de Ucrania |
| UUA-UZZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| VAA-VOZ | Canadá |
| VHA-VNZ | Australia |
| VOA-VOZ | Canadá |
| VPA-VSZ | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte |
| VTA-VWZ | India (República de) |
| VXA-VYZ | Canadá |
| VZA-VZZ | Australia |
| WAA-WZZ | Estados Unidos de América |
| XAA-XIZ | México |
| XJA-XOZ | Canadá |
| XPA-XPZ | Dinamarca |
| XQA-XRZ | Chile |
| XSA-XSZ | China (República Popular de) |
| XTA-XTZ | Alto Volta (República del) |
| XUA-XUZ | Kampuchea Democrática |
| XVA-XVZ | Vietnam (República Socialista de) |
| XWA-XWZ | Laos (República Democrática Popular de) |
| XXA-XXZ | Portugal |
| XYA-XZZ | Birmania (República Socialista de la Unión de) |
| YAA-YAZ | Afganistán (República Democrática del) |
| YBA-YHZ | Indonesia (República de) |
| YIA-YIZ | Iraq (República de) |
| YJA-YJZ | Nuevas Hébridas |
| YKA-YKZ | Siria (República Arabe de) |
| YLA-YLZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| YMA-YMZ | Turquía |
| YNA-YNZ | Nicaragua |
| YOA-YRZ | Rumanía (República Socialista de) |
| YSA-YSZ | El Salvador (República de) |
| YTA-YUZ | Yugoslavia (República Socialista Federativa de) |
| YVA-YYZ | Venezuela (República de) |
| YZA-YZZ | Yugoslavia (República Socialista Federativa de) |
| Y2A-Y9Z | República Democrática Alemana |
| ZAA-ZAZ | Albania (República Popular Socialista de) |
| ZBA-ZJZ | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte |
| ZKA-ZMZ | Nueva Zelanda |
| ZNA-ZQZ | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte |
| ZPA-ZPZ | Paraguay (República del) |
| ZQA-ZQZ | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte |
| ZRA-ZUZ | Sudafricana (República) |
| ZVA-ZZZ | Brasil (República Federativa del) |
| 2AA-2ZZ | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte |
| 3AA-3AZ | Mónaco |
| 3BA-3BZ | Mauricio |
| 3CA-3CZ | Guinea Ecuatorial (República de) |
| 3DA-3DM | Swazilandia (Reino de) |
| 3DN-3DZ | Fiji |
| 3EA-3FZ | Panamá (República de) |
| 3GA-3GZ | Chile |
| 3HA-3UZ | China (República Popular de) |
| 3VA-3VZ | Túnez |
| 3WA-3WZ | Vietnam (República Socialista de) |
| 3XA-3XZ | Guinea (República Popular y Revolucionaria de) |
| 3YA-3YZ | Noruega |
| 3ZA-3ZZ | Polonia (República Popular de) |
| 4AA-4CZ | México |
| 4DA-4IZ | Filipinas (República de) |
| 4JA-4LZ | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| 4MA-4MZ | Venezuela (República de) |
| 4NA-4OZ | Yugoslavia (República Socialista Federativa de) |
| 4PA-4SZ | Sri Lanka (República Socialista Democrática de) |
| 4TA-4TZ | Perú |
| *4UA-4UZ | Organización de las Naciones Unidas |
| 4VA-4VZ | Haití (República de) |
| 4WA-4WZ | Yemen (República Arabe del) |
| 4XA-4XZ | Israel (Estado de) |
| *4YA-4YZ | Organización de Aviación Civil Internacional |
| 4ZA-4ZZ | Israel (Estado de) |
| 5AA-5AZ | Libia (Jamahiriya Arabe Libia Popular Socialista) |
| 5BA-5BZ | Chipre (República de) |
| 5CA-5GZ | Marruecos (Reino de) |
| 5HA-5IZ | Tanzania (República Unida de) |
| 5JA-5KZ | Colombia (República de) |
| 5LA-5MZ | Liberia (República de) |
| 5NA-5OZ | Nigeria (República Federal de) |
| 5PA-5QZ | Dinamarca |
| 5RA-5SZ | Madagascar (República Democrática de) |
| 5TA-5TZ | Mauritania (República Islámica de) |
| 5UA-5UZ | Níger (República del) |
| 5VA-5VZ | Togolesa (República) |
| 5WA-5WZ | Samoa occidental |
| 5XA-5XZ | Uganda (República de) |
| 5YA-5ZZ | Kenya (República de) |
| 6AA-6BZ | Egipto (República Arabe de) |
| 6CA-6CZ | Siria (República Arabe de) |
| 6DA-6JZ | México |
| 6KA-6NZ | Corea (República de) |
| 6OA-6OZ | Somalí (República Democrática) |
| 6PA-6SZ | Pakistán (República islámica de) |
| 6TA-6UZ | Sudán (República Democrática del) |
| 6VA-6WZ | Senegal (República del) |
| 6XA-6XZ | Madagascar (República Democrática de) |
| 6YA-6YZ | Jamaica |
| 6ZA-6ZZ | Liberia (República de) |
| 7AA-7IZ | Indonesia (República de) |
| 7JA-7NZ | Japón |
| 7OA-7OZ | Yemen (República Democrática Popular del) |
| 7PA-7PZ | Lesotho (Reino de) |
| 7QA-7QZ | Malawi (República de) |
| 7RA-7RZ | Argelia (República Argelina Democrática y Popular) |
| 7SA-7SZ | Suecia |
| 7TA-7YZ | Argelia (República Argelina Democrática y Popular) |
| 7ZA-7ZZ | Arabia Saudita (Reino de) |
| 8AA-8IZ | Indonesia (República de) |
| 8JA-8NZ | Japón |
| 8OA-8OZ | Botswana (República de) |
| 8PA-8PZ | Barbados |
| 8QA-8QZ | Maldivas (República de las) |
| 8RA-8RZ | Guayana |
| 8SA-8SZ | Suecia |
| 8TA-8YZ | India (República de) |
| 8ZA-8ZZ | Arabia Saudita (Reino de) |
| 9AA-9AZ | San Marino (República de) |
| 9BA-9DZ | Irán (República Islámica del) |
| 9EA-9FZ | Etiopía |
| 9GA-9GZ | Ghana |
| 9HA-9HZ | Malta (República de) |
| 9IA-9JZ | Zambia (República de) |
| 9KA-9KZ | Kuwait (Estado de) |
| 9LA-9LZ | Sierra Leona |
| 9MA-9MZ | Malasia |
| 9NA-9NZ | Nepal |
| 9OA-9TZ | Zaire (República del) |
| 9UA-9UZ | Burundi (República de) |
| 9VA-9VZ | Singapur (República de) |
| 9WA-9WZ | Malasia |
| 9XA-9XZ | Ruanda (República de) |
| 9YA-9ZZ | Trinidad y Tobago |

Tabla 15.4 (Continuación)

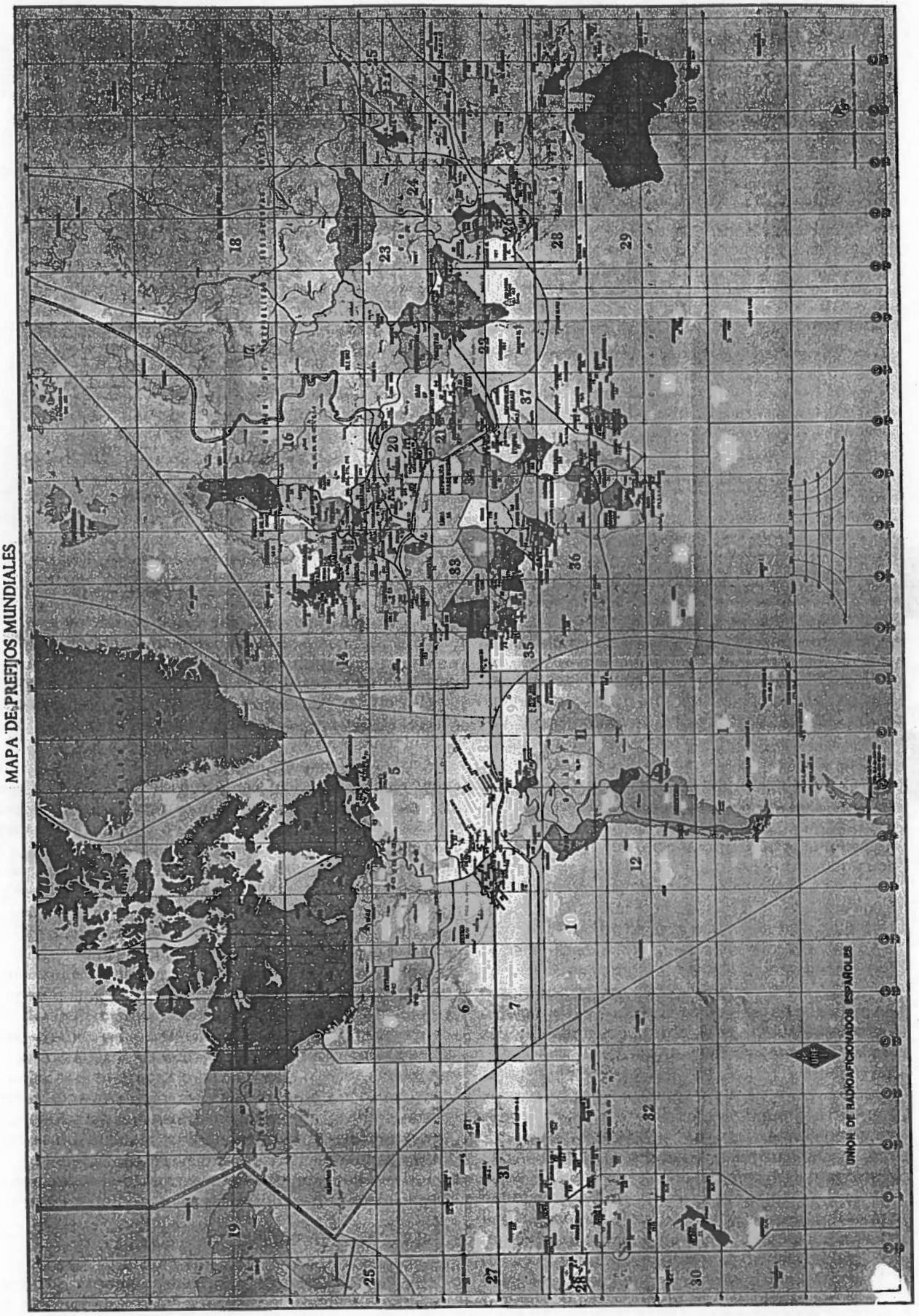



**Figura 15.14** Plano de Zonas CQ (líneas continuas) y continentes (líneas discontinuas)

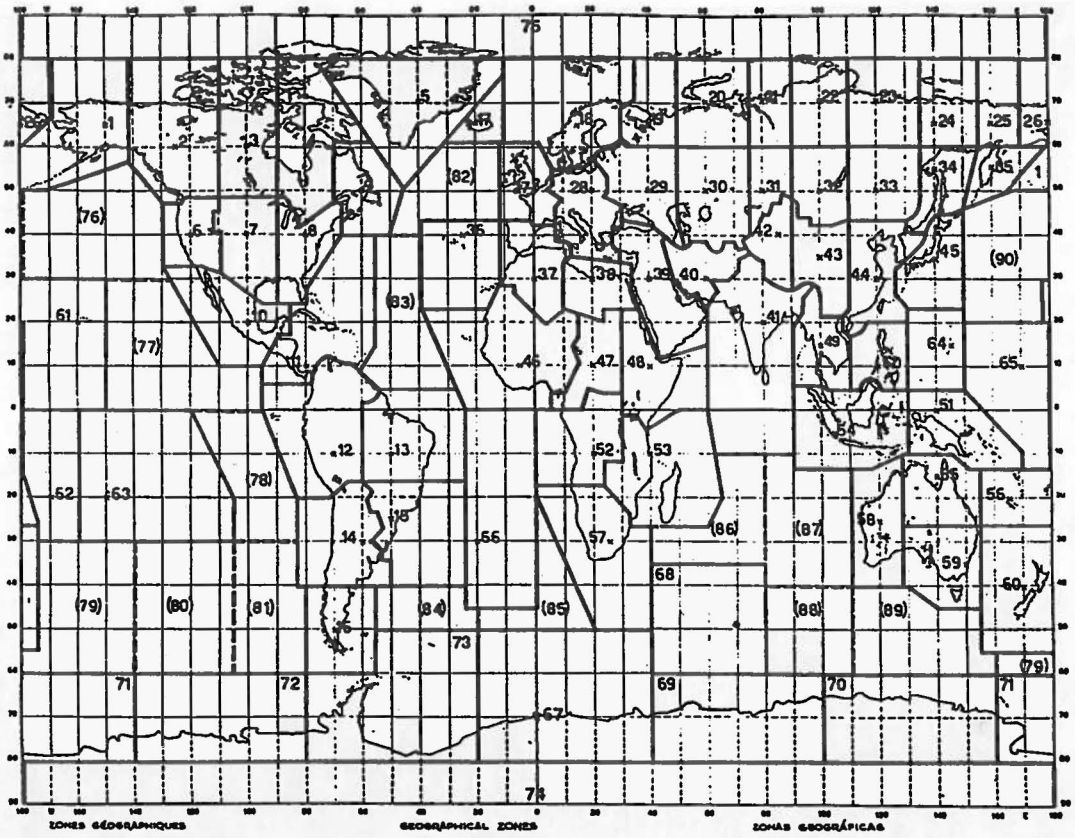



Figura 15.15 Plano de Zonas ITU.

son válidos los que en cada momento consten en la lista.

El diploma se concede para cada una de las modalidades de transmisión (CW, SSB, RTTY, etc.) o bien mixto (CW y SSB). En CW, donde es más difícil contactar algunos países que debido a sus características sociopolíticas no cuentan con un número de estaciones especializadas para emitir en telegrafía, el Honor Roll se establece a partir de los 275 países.

El segundo diploma en importancia es el WAZ (Worked All Zones; su traducción es «trabajadas todas las zonas») que concede la revista CQ. Se entrega a cualquier radioaficionado que demuestre haber contactado con cada una de las 40 zonas en las que arbitrariamente está dividido el mundo. (Figura 15.14). El diploma es bastante difícil de obtener, ya que algunas zonas son difíciles de trabajar. Se puede obtener para cada una de las modalidades de transmisión o mixto y para cada una de las bandas. Existe un superdiploma que se denomina 5BWAZ, que se otorga por trabajar todas las zonas en las 5 bandas de 80 a 10 m.

Hay otros diplomas, zonas ITU, IOTA o diploma de las islas del mundo, pero siempre se basan en lo mismo: contactar con todo el mundo en función de unas divisiones previamente establecidas.

Un diploma bastante simple, y que puede constituir una buena iniciación al DX para el principiante, es el WAC (Worked All Continents; su tradución es «trabajados todos los continentes») que se concede al radioaficionado que demuestre haber contactado con los 6 continentes, Europa, Asia, Africa, América del Norte, América del Sur y Oceanía.

Existen otros diplomas de menor envergadura que, generalmente, cubren una zona del mundo, un continente o un país. Los más conocidos son el WAE (Worked All Europe; «trabajado todo Europa») y el WAS (Worked All States; «trabajados todos los estados de los EE.UU.»).

En algunos casos, las listas de países de estos diplomas incluyen más países que los del DXCC. Tal es el caso del WAE, en el que por ejemplo Sicilia (IT9) consta como país mientras que no es válido para el DXCC.

Casi cada país tiene sus propios diplomas que suelen ser simples variantes de los mencionados. En casos se obtienen por contactar con provincias o regiones del país, o bien por un cierto número de contactos con diferentes estaciones de ese país; sin embargo, cuando se habla de DX nos estamos refiriendo siempre al DXCC o al WAZ o cualquier otro de carácter mundial y más en general a los países más difíciles de contactar. Por ejemplo, aunque en sentido estricto Australia o Nueva Zelanda son DX desde España, no se suelen considerar como tales ya que el número de radioaficionados en esos países es lo suficientemente grande como para que resulte bastante fácil contactar con ellos. Para el principiante, DX puede ser cualquier estación fuera del propio continente, pero rápidamente contactará con los países más activos. Llegar hasta 200 países del DXCC no es muy difícil, simple cuestión de tiempo, pero cada país que supere esa cifra puede suponer muchas horas de paciente escucha y ciertos conocimientos de cómo operar las estaciones raras, a qué horas las condiciones de propagación son favorables, tipos de antena, etc.

Todo lo que vamos a tratar a partir de ahora se refiere a las estaciones raras.

### 15.8.1 Cómo trabajar DX

El símil que mejor se adapta al trabajo de DX es el del cazador al acecho. Se espera hasta que la pieza pasa por delante y, si tenemos una buena arma y buena puntería, se le abate. Este sistema exige conocer los hábitos y costumbres de la pieza y esperar el momento idóneo para abatirla.

En general no sirve llamar CQDX para contactar con las estaciones raras. Es posible que alguna vez se consiga contactar alguna, pero estas estaciones saben que llamando ellas les van a contestar cientos o miles de estaciones. Sólo en el caso de que se disponga de una estación extraordinaria en potencia y antena es posible atraer a estas estaciones. Por lo tanto he aquí algunos consejos:

1) Escuchar atentamente. Muchas estaciones raras llegan muy débiles, debido a que sus condiciones de potencia y antena son precarias. Además se puede escuchar a otras estaciones que se dedican al DX que, hablando sobre ello, nos informan sobre la frecuencia y horas de trabajo de alguna estación DX.
2) Atender a las indicaciones que da la estación DX. Muchas estaciones DX escuchan en una frecuencia distinta de la que emiten. Esto se hace para evitar que su frecuencia quede saturada por las estaciones que le llaman y sea difícil escucharlos.

   En otras ocasiones la estación sólo desea contactar con estaciones de una zona determinada del mundo y no contestará, o bien está comunicando con alguien y no desea ser interrumpido.

   A veces la misma estación DX da informaciones sobre su plan de trabajo, horas, frecuencias, modo de operación, etc. que pueden resultar de gran interés.
3) Disciplina. El revuelo que se suele formar alrededor de una estación DX es enorme. No hay que llamar mientras la estación está haciendo un comunicado con otra estación.

   Las llamadas se deben hacer cortas y sólo cuando la estación indique que quiere que le llamen.

   Algunas veces las estaciones DX no consiguen entender correctamente un indicativo y llaman sólo con la parte que han podido copiar correctamente. Sólo si las letras que indica la estación DX coinciden con las nuestras se puede repetir la llamada.

   En algunos casos, para reducir el número de estaciones que llaman a la vez, se recurre a indicar el número del indicativo o la última letra. Por ejemplo «adelante estaciones con un 2» o bien «adelante estaciones que terminan en A». Sólo se debe llamar cuando se cumple la condición expresada. En estos casos se suele cambiar de número o letra cada cierto tiempo, lo que nos permite saber cuando podemos llamar. Por ejemplo, una estación dice «adelante estaciones con un 1». Si sabemos que cada 10 minutos cambia de número y tenemos un 6 en nuestro indicativo, hasta 50 minutos después no podremos llamar.

   En cualquier caso el QSO con estaciones DX debe ser lo más breve posible, indicativos y RS (T). Sólo si la estación DX muestra querer prolongar el QSO, podemos seguir hablando.

Existen tres tipos básicos de estaciones DX:

*a*) El primero está formado por las grandes expediciones a países raros, formadas por un grupo de operadores muy experimentados con estaciones relativamente buenas, que suelen permanecer activos durante un número reducido de días, aunque durante esos días permanecen activos las 24 horas del día.

Este tipo de estaciones trabaja siempre escogiendo una frecuencia (generalmente las que hemos indicado anteriormente para expediciones) y llama continuamente. Generalmente trabaja en «split», o sea con diferentes frecuencias de transmisión y recepción.

En la mayoría de los casos, la frecuencia en que reciben no es fija y cubre 20 o 30 kHz por encima o por debajo de su frecuencia. Por ejemplo: una estación en 14.195 puede decir «escucho de 200 a 220», que evidentemente quiere decir de 14.200 a 14.220 kHz. Se puede transmitir en cualquier frecuencia de las indicadas.

En algunos momentos pueden trabajar en «transcepton», o sea emitiendo y recibiendo en la misma frecuencia, para permitir a los que no tienen dos osciladores separados contactar con ellos.

Este tipo de estaciones trabaja casi siempre selectivamente. A lo largo del día van llamando a estaciones de cada continente o de cada país, y dentro de cada continente o país a estaciones con un determinado número o letra.

Contactar con este tipo de estaciones suele ser una cuestión de paciencia y práctica. Las estaciones con equipos modestos deben esperar a que las condiciones de propagación sean óptimas, y llamar un buen número de veces. Si la estación DX no está haciendo llamada selectiva, este punto tiene mucha importancia. También es muy importante para las estaciones modestas comprobar cuándo escucha la estación fuera de las bandas asignadas a los USA (Ver recomendaciones de frecuencia), ya que en este país existe un gran número de aficionados y un gran porcentaje de ellos emplean equipos de gran potencia y excelentes antenas, con lo que las estaciones modestas pueden quedar siempre tapadas. En CW esto no es posible ya que las sub-bandas de CW coinciden en todo el mundo, pero en fonía tiene una gran importancia.

*b*) El segundo tipo de estaciones DX, está formado por aquéllos que, si bien residen habitualmente en el país DX, tienen la radio para contactar con su país de origen, y generalmente no son ni muy expertos ni muy aficionados a realizar gran cantidad de contactos. En la mayoría de los casos los operadores son empleados de empresas o funcionarios de embajadas que se encuentran destinados en el país DX por un tiempo más o menos largo.

A este tipo de estaciones se les puede escuchar en QSO con el país de origen del operador. Existe la costumbre de que las estaciones ocupen las bandas por sectores determinados, en función del idioma que hablen. Por ejemplo, en 20 metros existe una distribución que más o menos es como sigue:

| | |
|---|---|
| De 14.100 a 14.150 | Estaciones francófonas. |
| De 14.140 a 14.170 | Estaciones hispanoparlantes |
| De 14.300 a 14.350 | Estaciones germanófonas y anglófonas. |

Estas distribuciones no son estrictas, pero la mayoría de las veces si buscamos una estación en francés u otro idioma la encontraremos en las frecuencias mencionadas.

Este tipo de repartos se encuentra en casi todas las bandas y bastan unas pocas horas de escucha para conocer dónde se pueden encontrar.

Con estas estaciones hay que operar con mucho tacto y generalmente en su idioma. Por ser operadores poco experimentados, a la más mínima dificultad se suelen retirar, pero presentan la ventaja de que suelen reaparecer periódicamente, en días y horas fijas, para contactar con su país de origen; por tanto, es posible ponerse de acuerdo con las estaciones de ese país para que nos den entrada y podamos contactar con la estación DX.

*c*) El tercer grupo de estaciones DX es casi un subgrupo del anterior. Está formado por estaciones con poca o ninguna experiencia, o bien con equipos modestos, pero que desean realizar el mayor número de contactos posible. Para salvar su inexperiencia o su débil señal recurren a otras estaciones más experimentadas o potentes que les hacen de interme-

| QSO nº.... | FECHA | HORA | ESTACION LLAMADA | LLAMADO POR.... | SUS SEÑALES RST | MIS SEÑALES RST | FRE-CUENCIA MHz | TIPO DE EMISION | QSL. | | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | FECHA DE ENVIO | FECHA DE RECIBO | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

diarias. Estas intermediarias pueden ser casuales o bien estar organizadas para este fin.

En el primer caso la estación DX solicita a una estación potente, o bien ésta se ofrece, para que le organice lo que se llama una lista. En el segundo de los casos una red de estaciones (que en inglés se denomina *net*) se pone de acuerdo para trabajar en frecuencias y horas predeterminadas, haciendo una de ellas de estación de control (*net control*).

La finalidad de la lista consiste en que, como la estación DX se ve incapaz de manejar el aluvión de llamadas que recibe, la estación intermediaria se encarga de apuntarlas. Cuando el número de llamadas se considera suficiente, se van pasando de uno en uno a la estación DX en el mismo orden en que se recibieron. Cuando se está pasando la lista ya no se acepta ninguna llamada hasta que ésta se acaba; hay que esperar a que la estación de control dé por finalizada la lista e indique que se puede llamar. Las llamadas se deben hacer a la estación de control, nunca a la estación DX. Sólo cuando la estación de control lo indique, se puede llamar a la estación DX.

Las redes funcionan exactamente igual. La diferencia estriba en que, al estar organizadas, las listas se pueden hacer de un día para otro o saber con varios días de antelación cuándo un determinado DX estará en el aire en la red.

En algunos casos, especialmente en las redes, sólo se acepta a un determinado número de estaciones, miembros de un club, o de un país, etc. Conviene escuchar atentamente para ver cuáles son las costumbres de la red y adaptarse a ellas.

Es conveniente repetir el control que se ha recibido de la estación DX para que la estación de control pueda comprobar que el comunicado es correcto.

### 15.8.2 Cómo obtener la QSL de una estación DX

La mayoría de estaciones DX, por encontrarse en países apartados o muy atrasados, tienen grandes dificultades para enviar o recibir correo. Además, el volumen de comunicados es tan grande que si tuvieran que enviar todas las QSL supondría un gasto económico muy fuerte.

Casi todas las estaciones DX tienen un QSL manager, o encargado de las QSL, generalmente radicado en un país en el que existen facilidades de reparto de correspondencia. Las tarjetas QSL deben enviarse a este QSL manager, con un sobre autodirigido y con franqueo suficiente para el retorno o bien cupones de respuesta internacional (IRC) que se pueden adquirir en las estafetas de correos y que pueden ser cambiados por sellos en cualquier país del mundo.

Algunas expediciones solicitan que se les envíe más cupones de respuesta de los necesarios o bien dinero en efectivo con el fin de sufragar los gastos de la expedición.

## 15.9 DX EN VHF Y SUPERIORES

Se considera DX en VHF y bandas superiores todo comunicado realizado a distancias mayores que la del horizonte. La distancia que media entre dos estaciones tiene mucha importancia. El mérito de una estación es la distancia que es capaz de alcanzar, e incluso se establecen *records* para dejar constancia de las mayores distancias. Por tanto tiene mucha importancia la ubicación, más exacta posible, de cada estación. Transmitir el nombre geográfico o las coordenadas geográficas del lugar puede resultar muy

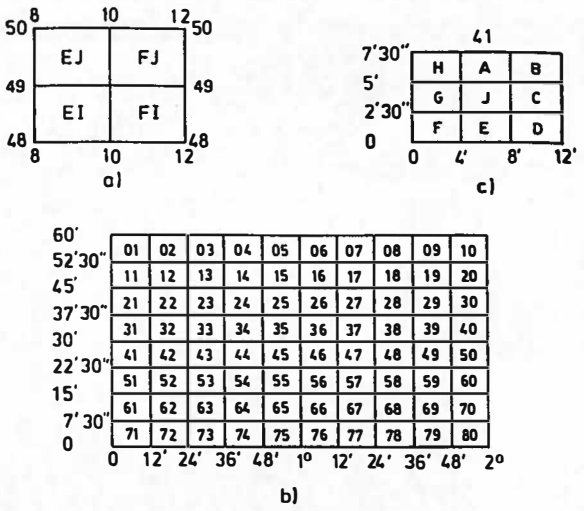



Figura 15.16 Figuras de explicación del Locator.

engorroso. En Europa se ha generalizado el uso de un sistema denominado «LOCATOR».

El sistema Locator se basa en una simplificación de las coordenadas geográficas, como sigue:

El punto de origen se encuentra en el meridiano 0° y el paralelo 40°N. A partir de ese punto se forman unos cuadros de 1° de latitud y 2° de longitud asignándoles unas letras del alfabeto como en la figura 15.16*a*. Hacia el norte y el este el alfabeto va en su orden normal (A, B, C, etc.) y hacia el sur y el oeste va invertido (Z, Y, X, etc.).

Cada uno de estos cuadros se divide a su vez en 80 cuadros menores, a los que se asigna números del 01 al 80 como se indica en la figura 15.16*b*.

Por tanto este cuadro menor tiene 7,5 minutos de latitud y 12 minutos de longitud.

Este segundo cuadro se divide a su vez en nueve cuadros a los que se asigna una letra como se indica en la figura 15.16*c*. Este último cuadro tiene 2,5 minutos de latitud y 4 minutos de longitud; por tanto la precisión es de unos 7 kilómetros en nuestra latitud, que se considera suficiente, ya que una gran ciudad como Madrid o Barcelona puede tener varios Locators distintos.

El Locator se indica siempre con todos sus números y letras. Por ejemplo: BB41e, YC37d.

Todo operador de VHF y superiores debe conocer el Locator desde el que opera, especialmente si piensa trabajar DX.

Cuando se trabaja DX se deben realizar los comunicados lo más cortos posible: indicativos, control y Locator, nada más. Las condiciones de propagación en estas bandas suelen durar muy poco tiempo, y si se efectúa un comunicado muy largo puede ocurrir que cuando se pasa el cambio no se escuche al corresponsal. Además, otras estaciones pueden estar a la escucha esperando su oportunidad de realizar el comunicado.

En las tarjetas de confirmación (QSL) se debe indicar siempre el Locator propio y el que se ha recibido del corresponsal. Muchos premios y diplomas en estas bandas se basan en el Locator y por tanto es importante indicar los dos para evitar errores o engaños.

### 15.9.1 Casos especiales de operación en VHF y superiores

Algunos tipos de propagación, reflexión meteórica, rebote lunar, transecuatorial, etc., presentan grandes dificultades

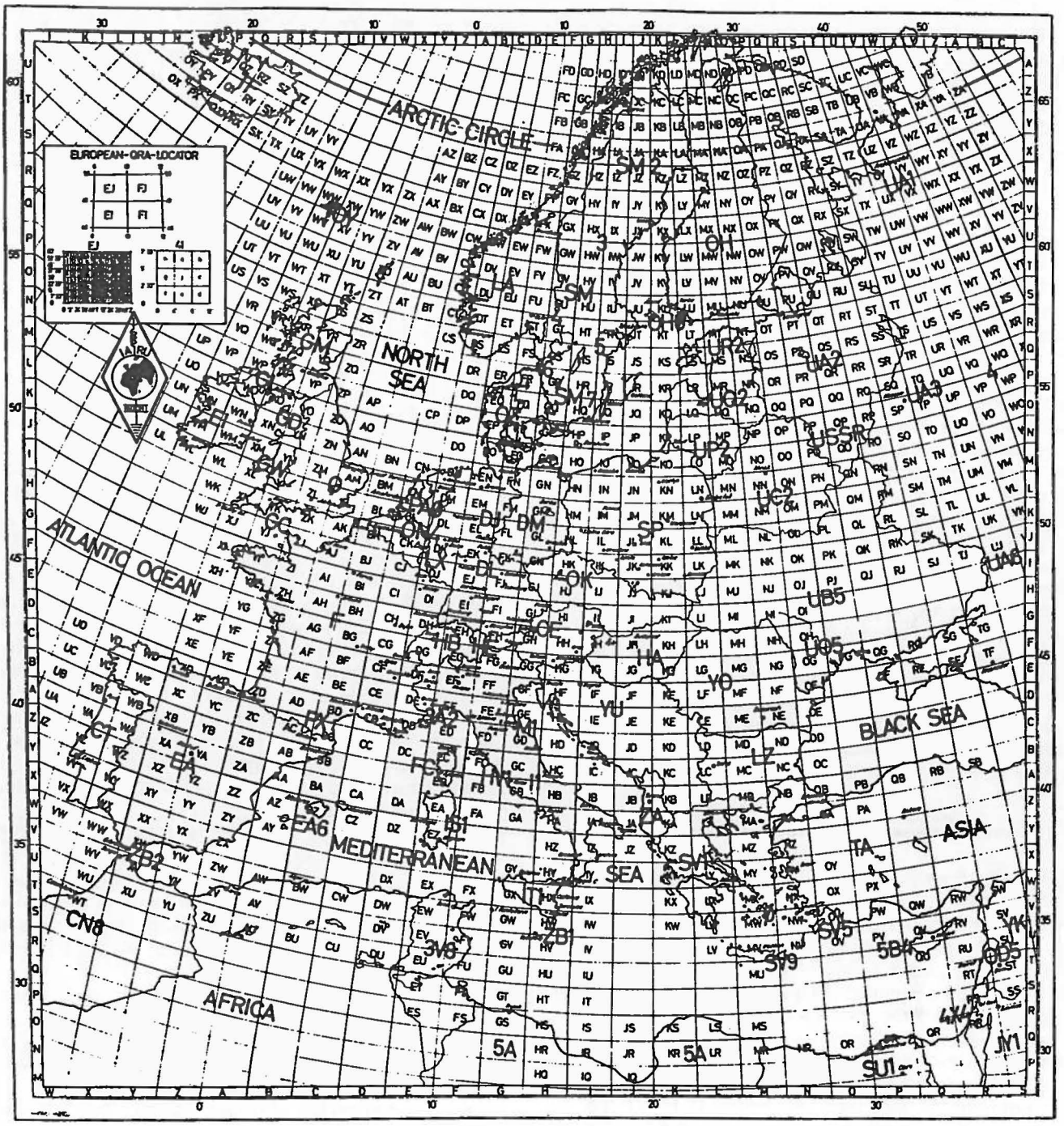



Figura 15.17 Plano Locator de Europa.

para los radioaficionados, debido a las limitaciones de potencia legalmente establecidas para ellos.

Estas dificultades se concretan en que las señales recibidas suelen ser intermitentes y casi siempre muy débiles. Esto hace que las técnicas de operación varíen considerablemente de las normales.

Cada tipo de propagación tiene su propia técnica de operación, pero se basan en los mismos principios:

*a*) El comunicado se reduce a su mínima expresión. Los dos indicativos, el control y la confirmación, sin añadir una sola letra de más. Incluso en fonía las letras se pronuncian tal como son sin recurrir a los deletreos, aunque debido a la debilidad de las señales se suele recurrir casi siempre a la telegrafía.

*b*) Al no poder predecir cuándo se va a recibir una señal y cuándo no, las estaciones no se pasan el cambio sino que transmiten y reciben durante períodos fijos de tiempo preestablecidos. Por ejemplo, en reflexión meteórica se utiliza 1 minuto en el caso de SSB y 5 minutos en el caso de CW. En rebote lunar los tiempos varían según la banda que se emplee. En 432 MHz se utiliza un período de 2,5 minutos.

*c*) El control que se utiliza no es el clásico RST, sino unos números o letras específicos para cada tipo de propagación.

En reflexión meteórica, dónde la señal es simpre intermitente, se emplea un control de dos números. El primero de ellos indica la duración de las reflexiones:

2—Las reflexiones tienen una duración máxima de 4 segundos.

3—Las reflexiones tienen una duración entre 4 y 20 segundos.

4 – Las reflexiones tienen una duración entre 20 y 60 segundos.

5 – Las reflexiones tienen una duración mayor que 60 segundos.

El segundo número representa la máxima intensidad de señal recibida:

6 – Señales inferiores a S – 3.

7 – Señales entre S – 3 y S – 5.

8 – Señales entre S – 5 y S – 7.

9 – Señales de S – 8 o superiores.

Como se puede ver los dos números son siempre distintos.

En rebote lunar o en transecuatorial se da por sabido que la intensidad de las señales recibidas será muy baja y sólo se transmite un control de comprensibilidad mediante las letras T, M y O.

T – Señal audible a duras penas. Sólo se entienden algunas letras sueltas.

M – Se entienden todas las letras, pero con señal muy débil.

O – Se entienden todas las letras con señal buena.

*d*) El sistema de confirmación es muy rígido. Cuando se han recibido los dos indicativos y el control del corresponsal, se antepone al control la letra R (recordar que en fonía se pronuncia como Roger), pero sin dejar de transmitir los dos indicativos junto con el control y la R. Sólo cuando se tiene la certeza de que el corresponsal está haciendo lo mismo, o sea que transmite R, se puede dar por finalizado el comunicado y transmitir sólo R continuamente. Nunca se debe transmitir una R cuando falte por recibir algo ni dejar de transmitir los dos indicativos y el control, aunque sea con una R delante, hasta recibir una R del corresponsal.

Este sistema de confirmación es común para todos los tipos de propagación mencionados, ya que no admite error posible.

Salvo los detalles indicados, todo lo demás es igual en estas bandas de VHF y superiores que en las de HF, código Q, deletreos, abreviaturas, etc.

## 15.10 OPERACION POR REPETIDORES

Los repetidores son dispositivos o equipos destinados a facilitar la comunicación entre estaciones de aficionado, especialmente en aquellas situaciones en las que el comunicado directo resulta imposible o muy difícil en condiciones normales. Su utilización se debe efectuar con las siguientes normas:

1) No es necesario llamar CQ en un repetidor, basta decir «EA3AIR llama por repetidor adelante» o bien «¿Alguien está a la escucha?, ésta es EA3AIR, adelante». Los repetidores están siempre en frecuencia fija y las estaciones que lo tienen sintonizado lo escuchan inmediatamente; por tanto, llamar CQ no tiene sentido.
2) Tienen prioridad de uso del repetidor las estaciones móviles o las estaciones que no pueden contactar por vía directa. Es absurdo utilizar un repetidor entre dos estaciones fijas que pueden comunicar directamente. Las estaciones que pueden escucharse directamente deben usar el repetidor sólo para llamar; una vez establecido el contacto y comprobado que se puede contactar directamente, utilizar cualquier frecuencia libre.
3) La mayoría de repetidores suele tener lo que se llama una «cola», lo que quiere decir que el repetidor permanece activado durante algunos segundos después de cesar la transmisión. Algunas veces se incluye en esa «cola» la identificación del repetidor. No se debe estar excitando continuamente el repetidor para comprobar que funciona. Toda transmisión por repetidor debe identificarse.
4) Los comunicados por repetidor deben hacerse lo más breves posible, con cambios muy frecuentes. No se deben realizar «ruedas», o sea varios operadores que se van pasando el cambio sucesivamente.

*Repetidores de VHF de amplia cobertura - plan 1980*

| *Provincia* | *canal* | *Indicativo* | *ubicación* | *altitud* |
|---|---|---|---|---|
| Orense | R-6 | EA 1 A | Monte Meda | 1380 m |
| La Coruña | R-8 | | Monte Xalo | 527 m |
| Lugo | R-4 | | Páramo | 1000 m |
| Pontevedra | R-0 | | Candau | |
| Oviedo | R-9 | | Pico Sueve | 800 m |
| Oviedo | R-5 | | Cuito Negro | 1800 m |
| Oviedo | R-7 | | Pico del Avión | 1000 m |
| León | R-2 | | Ponferrada | |
| Salamanca | R-7 | | Peña de Francia | 1723 m |
| Santander | R-8 | | Pico Tres Mares | 2500 m |
| Burgos | R-1 | | Pico Triganza | 2100 m |
| Logroño | R-5 | | Moncalbillo | 1500 m |
| Valladolid | R-9 | | Cerro San Cristobal | 864 m |
| Segovia | R-3 | | Bola del Mundo | 200 m |
| Zaragoza | R-8 | | Sierra La Vicor | 1500 m |
| Teruel | R-3 | | Javalambre | 2020 m |
| Alava | R-7 | | La Herrera | 1107 m |
| Navarra | R-3 | | Iga de Monreal | 1289 m |
| Vizcaya | R-0 | | Monte Oiz | 1020 m |
| Lérida | R-9 | | Mont Sec | 1677 m |
| Tarragona | R-6 | EA 3A | Monte Caro | 1422 m |
| Gerona | R-1 | | M.D. del Mont | 1120 m |
| Gerona | R-3 | | Roca Corba | 1100 m |
| Barcelona | R-0 | EA 3B | Montseny | 1700 m |
| Barcelona | R-5 | | Montserrat | 1200 m |
| Segovia | R-6 | EA 4B | Pico Lobo | 2200 m |
| Madrid | R-5 | | Ocaña | |
| Toledo | R-8 | | El Pielago | 1300 m |
| Cuenca | R-4 | | C. San Cristóbal | 1200 m |
| Cuenca | R-5 | | Montánchez | 1000 m |
| Valencia | R-1 | EA 5 A | Alto del Pino | 700 m |
| Valencia | R-7 | | Punta de la Nevera | 1165 m |
| Alicante | R-3 | | Sierra Aitana | 1558 m |
| Castellón | R-8 | | Monte Bartolo | |
| Albacete | R-3 | | Chinchilla | 1227 m |
| Murcia | R-0 | | Sierra Espuña | 1650 m |
| Mallorca | R-4 | | Castillo de Alrad | |
| Málaga | R-6 | | | |
| Málaga | R-4 | EA 7 A | Sierra de Mijas | 960 m |
| Granada | R-1 | EA 7 G | Pico Veleta | 3432 m |
| Jaén | R-9 | EA 7 J | Magina | 2032 m |
| Almería | R-3 | | La Tetica | 2080 m |
| Almería | R-2 | | Sierra Alhamilla | |
| Cádiz | R-7 | | | |
| Córdoba | R-0 | EA 7 C | Sierra de Cabra | 1248 m |
| Huelva | R-3 | | | |
| Sevilla | R-8 | | Guadalcanal | 998 m |
| Sta. C. Palma | R-4 | | Roque de los Muchachos | |
| Tenerife | R-6 | | Monte de las Mercedes | |
| Tenerife | R-0 | | Pico del Teide | |
| Gran Canaria | R-9 | | Los Pechos | |
| Melilla | R-7 | | Parador Pedro de Estopillan | 100 m |

(Andorra dispone del 4 y Gibraltar del 5).

*Repetidores cobertura restringida*

Son los repetidores que como máximo cubrirán una zona de 30 km de radio.
Su potencia no excederá de 2 W radiados.
Las demás características iguales a los de Amplio Alcance.
Serán solicitados por los Delegados Locales de U.R.E., Presidentes de Radio-Clubs, etc. a través de la Comisión Técnica Regional la cual acompañará Informe.
Su número podrá aumentar a medida que se soliciten.

Tabla 15.5 Lista de Repetidores activos en España.

5) Cada vez que se pasa el cambio se debe esperar a que el repetidor se desconecte, con el fin de dar opción a alguna estación lejana si necesita utilizarlo.
6) El repetidor es un instrumento que facilita enormemente los comunicados en VHF y superiores, pero no se debe caer en la tentación de limitarse exclusivamente a él, ya que el que hace el comunicado es el repetidor, no la propia estación. Tanto es así que los comunicados realizados a través de repetidor no tienen ningún valor a la hora de juzgar la efectividad de una estación, por muy lejano que se encuentre el corresponsal.

## 15.11 OPERACION EN SITUACION DE EMERGENCIA

La radioafición está considerada en todo el mundo como un servicio público. En España, donde la transmisión de mensajes para terceras personas está terminantemente prohibida, las únicas ocasiones en que se puede demostrar la valía de ese servicio público son las situaciones de emergencia. Son incontables los casos en que los radioaficionados han sido el único nexo de unión en situaciones en las que, bien sea por catástrofes, accidentes, etc. o por fallo o imposibilidad de los servicios oficiales, de comunicación, era necesario solicitar ayuda. Muchas personas deben la vida a que, en el momento preciso, un radioaficionado pudo solicitar ayuda a través de su emisora.

Todo radioaficionado debe ser consciente de que en cualquier momento se puede ver involucrado en una situación de emergencia y que debe estar preparado para ella. Cuando la seguridad o la vida de personas depende de la posibilidad de comunicarse con otras personas, el radioaficionado tiene que hacer honor al motivo principal por el que tiene una licencia: experimentar en la radiocomunicación, de forma personal y sin ánimo de lucro.

Hay dos maneras de estar preparado para una emergencia.

La primera consiste en que los equipos sean capaces de funcionar en cualquier circunstancia, bien sea con corriente alterna o con baterías. El que un equipo pueda funcionar a baterías tiene la gran ventaja de que todos los automóviles tienen una y el correspondiente sistema para cargarlas.

Asimismo hay que tener en cuenta que el equipo sea de fácil transporte e incluso que pueda funcionar desde el automóvil, para mayor facilidad de acudir al lugar donde sea necesario.

Con los modernos equipos transistorizados, este punto no presenta problemas ya que casi todos son capaces de funcionar con baterías, pero es conveniente conocer cómo se efectúa la conexión y tener siempre a mano los cables necesarios para ello, aunque en condiciones normales no se tenga que emplear nunca.

La segunda es que el operador sea capaz de operar y mantener en el aire su estación de una forma correcta y eficaz, y durante todo el tiempo que sea necesario. Debe poder montar una antena o una instalación provisional, saber en que banda o bandas será más efectiva su llamada de emergencia y sobre todo saber operar de una forma práctica y eficaz.

Es muy peligroso creer que ya se sabe todo y que se opera correctamente. Siempre hay algo que aprender y siempre hay algo que mejorar. Muchos hispanoparlantes son muy reacios a aprender los rudimentos del idioma inglés, necesarios para realizar pequeñas conversaciones. Aunque el castellano es uno de los idiomas más hablados en el mundo, ante una llamada de emergencia puede ser casi obligado utilizar el inglés; por tanto, el desconocimiento de esta lengua puede ser una desventaja.

En España, el reglamento de radioaficionados prohíbe expresamente el uso por parte de éstos de los llamados «SOS» y «MAYDAY», en CW y en fonía, repectivamente.

Estas llamadas implican que cualquier persona que las escuche debe acudir inmediatamente en auxilio de la estación que los ha lanzado, ya que peligran gravemente vidas humanas. Está pensada para aviones o barcos en los que, salvo ayuda inmediata, es segura la muerte de sus tripulantes. Las estaciones en tierra no deben emplearlas nunca ya que es imposible que se den las circunstancias que las justifican. Las posibles causas de emergencia son las siguientes:

### 15.11.1 Catástrofe natural

La más grave es el terremoto en el que es casi segura la incomunicación de la zona siniestrada con el exterior. También pueden causar daños muy graves los huracanes o las inundaciones.

En estos casos los radioaficionados de las zonas siniestradas deben tratar de mantener sus estaciones operativas y avisar si es posible a las autoridades de la zona para que lo sepan.

Las estaciones que no están en la zona siniestrada deben confirmar que han recibido la llamada, lo más brevemente posible, y avisar a las autoridades de su zona o del país.

Las estaciones que se encuentran en las proximidades del lugar deben intentar trasladar sus equipos a la zona siniestrada.

### 15.11.2 Accidentes

Los accidentes suelen tener un carácter muy local. Ocurren en una determinada zona y suele ser muy fácil encontrar auxilio a muy poca distancia. En estos casos lo mejor es utilizar la banda de VHF, y preferiblemente por un repetidor. Lo más importante antes de efectuar la llamada de emergencia es evaluar rápidamente los daños y el tipo de ayuda que se necesita. Por ejemplo, en un accidente de carretera los heridos suelen ser de tipo traumático mientras que en una explosión o incendio suelen ser quemados. Por tanto, ya en la primera llamada se debe indicar el número de afectados y el tipo de lesiones que sufren.

Las estaciones que reciben la llamada deben avisar inmediatamente a las autoridades y centros de asistencia de los lugares más próximos al accidente. En caso de no ser posible la comunicación con zonas próximas al accidente, avisar a la Guardia Civil o a la Cruz Roja que suelen tener redes de cobertura para todo el territorio nacional.

Cuando el accidente es de grandes proporciones, con un gran número de afectados, es importante que los que reciben la llamada recaben de los centros asistenciales de la zona la capacidad de asistir heridos que tienen en aquel momento. Por ejemplo, en el caso de traumatismos o heridos, es importante que el centro tenga suficiente personal para atender a todos los accidentados, que generalmente precisan asistencia inmediata, incluso con transfusiones de sangre. En cambio, los afectados por quemaduras graves precisan cuidados especiales aunque sus lesiones no sean tratadas inmediatamente. En el caso de quemados graves, debido a que deben permanecer completamente aislados para evitar infecciones, la mayoría de hospitales sólo tienen un reducido número de plazas.

### 15.11.3 Búsquedas médicas

Consisten en buscar algún medicamento que por cualquier motivo es imprescindible en un momento determinado para salvar la vida de una persona y que no puede ser encontrado en la zona o país en que ocurre la urgencia. En estos casos se suele recurrir a los radioaficionados, ya que con una sola llamada pueden movilizar una gran cantidad de personas en todo el mundo.

Antes de efectuar una llamada de este tipo hay que cerciorarse de que un médico solicita el medicamento y de que va ha hacerse cargo de él cuando se reciba. No se debe intentar nunca una llamada médica cuando la solicita un particular; siempre debe ser un médico el que haga la solicitud y el que se encargue del medicamento.

El médico que lo solicita debe indicar el nombre exacto del medicamento, así como el laboratorio que lo produce y el país o ciudad donde se puede encontrar, si lo sabe.

Una vez que se conocen todos los datos se puede hacer la llamada. Esto se hace como «CQ Médico» (en inglés CQ Medical), mencionando el indicativo de la estación que llama y los datos exactos del medicamento que se busca. Si hay una ciudad o país en el que se sabe se puede encontrar el medicamento, hay que llamar a esa zona aunque es posible que alguna estación haga de puente si está en mejores condiciones.

Es conveniente, cuando ya se sabe que el medicamento ha sido localizado, ponerse en contacto con las autoridades y las líneas aéreas con el fin de facilitar la llegada del mismo a su lugar de destino. En muchos casos puede haber problemas con las medidas de seguridad que rigen en los aeropuertos; por tanto, el medicamento debe estar abierto para su inspección y, si es posible, que sea llevado o avalado por la policía local.

### 15.11.4 Emergencias menores

En muchos casos el radioaficionado se puede encontrar con problemas, como incendios forestales o de cualquier tipo, que si bien pueden no suponer un peligro inmediato para las personas, es muy conveniente atajar o advertir a tiempo por los daños que pueda producir. La radio en este sentido es enormemente eficaz.

Simplificando, veamos los puntos que hay que tener en cuenta a la hora de operar en situaciones de emergencia:

1) El radioaficionado no debe intentar sustituir o suplantar a los servicios oficiales de comunicación. Si éstos funcionan correctamente y son capaces de solventar la situación, el radioaficionado debe abstenerse de cualquier actuación. Sólo cuando los servicios oficiales quedan colapsados o no son capaces de cubrir todas las necesidades, el radioaficionado puede intervenir. También puede hacerlo cuando el factor tiempo adquiere importancia capital y la vida de personas depende de la obtención de ayuda inmediata.

2) La estación que lanza una llamada de emergencia tiene prioridad absoluta sobre cualquier otra comunicación.

3) No se debe llamar a la estación que ha hecho la llamada de emergencia, salvo que se tenga una información concreta para ella o se pueda cumplir con lo que solicita.

4) En cuanto intervenga una autoridad competente, el radioaficionado debe ponerse a sus órdenes.

5) Tener siempre a mano los teléfonos de interés: policía, autoridades locales, bomberos, hospitales, etc.

6) No olvidar nunca que el radioaficionado sólo tiene en sus manos un sistema de comunicación. La ayuda material o de personas se escapa a su competencia; por tanto, es más importante mantener un sistema de comunicación que permita una ayuda eficaz, que intentar acudir al lugar del siniestro.

### Notas de última hora

*Banda de 20 metros*

Desde el 22 de mayo de 1983, la administración de los Estados Unidos ha autorizado la operación en fonía en las frecuencias comprendidas entre 14.150 y 14.200 kHz de la banda de 20 metros.

Es de suponer que esta modificación producirá cambios en las frecuencias de DX y otras, si bien de momento siguen como hasta ahora.

*Banda de 40 metros*

Es muy posible que en breve plazo la administración USA apruebe la utilización en fonía del segmento comprendido entre 7.075 y 7.100 kHz para los titulares de licencia clase extra.

Por otra parte muchas estaciones Broadcasting que ocupaban ilegalmente el segmento entre 7.000 y 7.100 kHz se han retirado. Noticias sin confirmar anuncian que los que aún están transmitiendo se retirarán en breve plazo.

De confirmarse ambas noticias es muy posible que la actual situación caótica de esta banda se modifique profundamente y aparezca una distribución de frecuencias más estable.

# equipos para principiantes

16

*Ricardo Llauradó Olivella*

## 16.1 GENERALIDADES

Cuando uno decide hacerse radioaficionado, contempla un amplio panorama de posibilidades en este campo y algunas especialidades le pueden resultar más atractivas. Actualmente las modalidades de comunicación son múltiples, como telegrafía, fonía en banda lateral, frecuencia modulada, frecuencias decamétricas, altas frecuencias, rebote lunar, transmisión de imagen, radioteletipo, etc. Ante esta variada opción, es fundamental que cada principiante se documente e informe lo más ampliamente posible, haciéndose socio de radioclubs, revistas de radioaficionados y, lo que es muy práctico, acudir a algún radioaficionado veterano, que pueda aconsejar sobre estos temas.

Una de las dudas que pueden surgir es la de si se debe adquirir un equipo comercial ya construido, o por el contrario montarse su propio equipo. Sobre esto hay muchas opiniones; nosotros sólo matizaremos algunas ideas. Hasta hace unos 15 años la mayoría de los radioaficionados se montaban sus propios equipos. Esto era debido a que las comunicaciones se realizaban principalmente en bandas decamétricas en las modalidades de telegrafía y amplitud modulada. En aquellos tiempos, la variedad de componentes era relativamente limitada y su aplicación en circuitería era muy repetida, por lo que era fácil conocer y utilizarlos. Digamos que, por ejemplo, las válvulas sólo se usaban en dos funciones, como oscilador y como amplificador. Por otra parte, también era limitado el número de radioaficionados, por lo que no existía problema de congestión en las bandas, ni los 6 o más kilohercios utilizados en la amplitud modulada eran preocupantes.

Actualmente los radioaficionados superamos la cifra de dos millones por lo que ha sido preciso reducir el ancho de banda de las emisiones. La utilización de la banda lateral única (SSB = Single Side Band) es un ejemplo. Ello implica utilizar filtros de cuarzo o mecánicos de paso muy estrecho tanto en recepción como en emisión, desarrollar circuitos eficaces de supresión de portadora, detectores de producto y muchos otros. Precisamente hay dos requisitos esenciales en la emisión de los radioaficionados.

El primero es la estabilidad de frecuencia, ya que una deriva de 100 Hz en algunos minutos se considera inadmisible, mientras que en la época anterior de la amplitud modulada no tenía importancia.

El segundo punto es la limpieza de emisión. La señal de emisión debe estar carente de armónicos y señales espurias o señales imágenes del orden de 50 dB atenuados respecto a la señal fundamental. Esto se controla por las diversas Administraciones y puede ser motivo de sanción. La razón es que estas señales armónicas pueden ser interferentes en otras bandas, en otros servicios e incluso en televisores próximos, lo cual es uno de los principales problemas con que se enfrenta el radioaficionado en la actualidad.

Por tanto, el radioaficionado que no tenga interés alguno en la electrónica ni en las técnicas constructivas y cuyo deseo primordial sea la de contactar con otros radioaficionados, deberá adquirir un equipo ya construido, para lo cual deberá tener en cuenta diversos puntos:

*a*) La reglamentación de su país en cuanto a frecuencias y potencia para obtener la licencia de radioaficionado.

*b*) Sus posibilidades económicas, en cuanto a adquirir un modelo nuevo de elevadas prestaciones, o un equipo de ocasión en buen estado.

*c*) La posibilidad de obtener la licencia utilizando un equipo ubicado en un radioclub, con lo cual no efectuará dispendio alguno en el período de prueba y una vez obtenida la licencia o indicativo definitivo podrá optar por la compra del equipo adecuado, ya que según algunas Administraciones los requisitos de equipos para obtener la licencia y los utilizables una vez obtenida la misma, son muy distintas.

En el caso de que el principiante sea amante de la electrónica y le agrade profundizar en el tema, podrá montarse su propio equipo. Precisamente para la obtención de la licencia los equipos utilizables pueden ser muy sencillos (trataremos de describirlos en el presente capítulo) mientras que cuando obtenga la licencia, podrá optar por montar equipos más complejos o adquirir un equipo comercial. Hay que tener en cuenta que el radioaficionado que desee montarse sus propios equipos deberá instalar un pequeño taller-laboratorio en el que, además de herramientas tales como pinzas, soldador, sierras, limas, taladradoras, etc., precisará tester, osciloscopio y frecuencímetro digital como instrumentos de medida y prueba, es decir tendrá que hacer una inversión adicional de tiempo y dinero, que superan largamente el coste de un transceptor comercial. Por tanto, quien desee montarse un equipo complejo, creyendo que va a ahorrarse dinero, se engaña, a menos que ya posea los instrumentos y herramientas. Indudablemente, el radioaficionado que se monta su equipo tiene un gran disfrute adicional; es una de las vertientes interesantes de este *hobby,* que además le produce la satisfacción de haberlo construido venciendo una serie de dificultades y problemas, como son la realización de un chasis, la obtención de los diversos componentes, que no siempre se encuentran fácilmente, y haber obtenido las características de estabilidad y limpieza de señal requeridas.

## 16.2 TECNICAS OPERATIVAS

Las técnicas operativas están detalladas en el capítulo 15, pero aplicadas a los principiantes deseamos hacer hincapié en tres puntos.

### 16.2.1 Escuchar

El ritmo de vida moderna es acelerado. Vamos muy de prisa. La prisa es siempre mala consejera. Son muchos los principiantes que quieren transmitir en seguida. Esto es lógico y comprensible, pero da mal resultado. Antes de transmitir es recomendable escuchar y cuanto más mejor. En la medida que se escuche se hará uno un buen operador. Aprenderá a dejar espacios en blanco en sus transmisiones, a atender a todos cuantos le llamen, a ser amable pero conciso, incluso a decir las cosas en forma agradable y breve, a no soltar largas parrafadas carentes de sentido, a comportarse con eficiencia en una emergencia y utilizar un vocabulario claro y correcto, resultando un colega querido y apreciado, con quien todos desean contactar.

### 16.2.2 Emitir en telegrafía

La telegrafía es el sistema o modalidad más antiguo que ha utilizado el radioaficionado para comunicarse. Pero además sigue siendo el sistema más seguro y de más largo alcance que cualquier otro. Es el que ocupa menos espacio de banda.

Algunas Administraciones (EE.UU. por ejemplo) así lo reconocen y, para obtener la licencia de radioaficionado, exigen la transmisión exclusivamente en telegrafía durante un dilatado período de tiempo.

Un radiotelegrafista con buena práctica suple eficazmente a la máquina automática de telegrafía, la cual no funciona, o no funciona correctamente, cuando existen dos señales de telegrafía superpuestas o muy próximas. También queda afectada por señales interferentes, ruido atmosférico, en especial cuando las señales son muy débiles, que es cuando son más interesantes, porque acostumbran a proceder de estaciones muy lejanas.

Aprender telegrafía es fácil, mucho más fácil que un idioma. Existen cursillos en los diversos radioclubs o asociaciones, pero también se puede practicar con cintas cassette grabadas a velocidad creciente por otros radioaficionados. Puede ser suficiente practicar una hora diaria la escucha de estas cintas durante un mes, aunque el adquirir velocidad sea luego cuestión de práctica.

Los equipos de transmisión telegráfica son los más económicos que uno mismo puede construirse; por ello aconsejamos al radioaficionado principiante que opere en esta modalidad, en la seguridad de que esto le ha de dar muchas satisfacciones.

### 16.2.3 Emitir en fonía

Para el principiante que opere en fonía sólo nos resta repetir la recomendación de que, cuando salga al «éter», lo haga de forma correcta, para lo cual es interesante haber estado muchas horas escuchando.

Además de por otros radioaficionados, las bandas son escuchadas por muchas otras personas, y en general debe procurarse dar una buena impresión. Algunos países han sido excluidos de algunos concursos mundiales por la baja preparación y la mala operatividad de sus radioaficionados. Deben conocerse exactamente las zonas de operación en fonía, que las estaciones de telegrafía pueden salir *en todas las bandas de radioaficionados* y que las estaciones de telegrafía tienen prioridad sobre las de fonía. El lenguaje a utilizar debe ser claro, conciso, utilizando en el deletreo palabras internacionales como *Alfa, Bravo, Charly, Eco,* etc. y no palabras locales como *Asturias, Barcelona, Cáceres, Extremadura.*

Es muy importante retener el micrófono poco tiempo. El principiante debe escuchar más que hablar, pues la emoción le lleva a explicar detalladamente que "tiene una antena en el tejado, que se la ha montado él mismo y tras arduos esfuerzos porque un vecino no le dejaba subir a la azotea, y que le puso un pleito, y bla, bla, bla...", lo que raramente puede ser de interés para un radioaficionado que esté a 10.000 kilométros de distancia.

Algunas veces se escuchan contactos de este tipo y el corresponsal opta por desaparecer de la frecuencia.

En cuanto a los equipos, resultan más complejos que los de telegrafía y si se desean construir por uno mismo, habrá que enfrentarse a problemas como los del filtro de cuarzo y otros de los que trataremos más adelante en este capítulo.

## 16.3 RECEPCION. TECNICAS CONSTRUCTIVAS

Como en general las Administraciones sólo exigen a los principiantes un período de transmisión en las bandas decamétricas, sea en telegrafía o en fonía, limitaremos las técnicas de construcción a equipos para estas bandas, que comprenden usualmente 80, 40, 20, 15 y 10 metros. Han sido concedidas nuevas bandas a los radioaficionados en la reunión de la WARC en Ginebra 1980, pero algunas de ellas tardarán tiempo en estar activas. La banda de 10 MHz, de máximo interés para los radioaficionados, ha sido asignada oficialmente a título secundario por la Administración española, a partir de Julio de 1982. Es probable que pasen bastantes años antes de que estas bandas «nuevas» sean autorizadas para los principiantes, por lo que las omitimos, si bien es aplicable a las mismas todo lo mencionado en el siguiente texto.

En cada país se comercializan diversos kits para montajes de pequeños equipos, en los que se dan el circuito impreso, los componentes y un extenso manual de montaje. No siempre son muy prácticos pues carecen generalmente de un complemento teórico que expliquen bien al montador la misión de cada circuito y de cada componente y, en caso de un fallo, el aficionado no puede solucionarlo. Una excepción importante es la firma norteamericana Heathkit que, además del material completo, suministra un manual muy amplio teórico-práctico que posiblemente sea lo más apreciable.

Aquí nos limitaremos a facilitar algunos esquemas con un análisis circuital amplio y procurando cumplir los siguientes requisitos:

*a*) Funcionamiento óptimo.
*b*) Circuitos sencillos y de fácil ajuste.
*c*) Componentes usuales de muy fácil adquisición y bajo coste.

Quedará por cuenta del usuario realizar el circuito impreso, para lo cual podrá acudir a otros radioaficionados o a cualquier distribuidor de componentes que facilite todo el material necesario para dibujar y realizar el circuito impreso. Otra consideración importante es que en las bandas decamétricas se utiliza exclusivamente la banda lateral y la telegrafía, por lo que no hablaremos de amplitud modulada, ni de frecuencia modulada, si bien curiosamente algunos norteamericanos y rusos utilizan en los 10 metros frecuencia modulada de banda estrecha; de hecho los americanos incluso han instalado unos curiosos repetidores en los 10 metros en esta modalidad. Esto reviste cierto interés general, pero no para el principiante, por lo que omitimos la circuitería correspondiente.

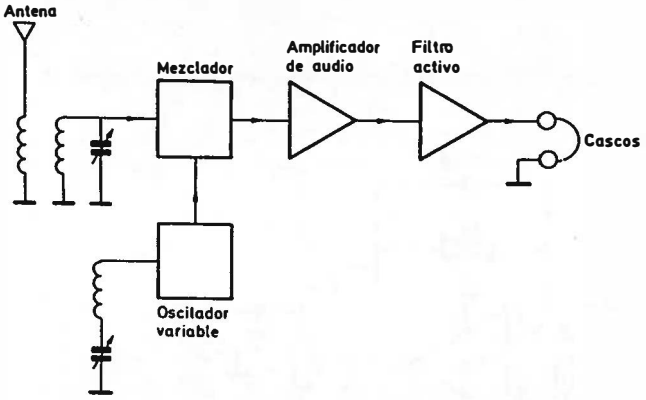



Figura 16.1*a* Diagrama de un receptor de conversión directa. El filtro activo es opcional, y mejora la selectividad. No es preciso amplificador de potencia si se utilizan cascos de alta impedancia.

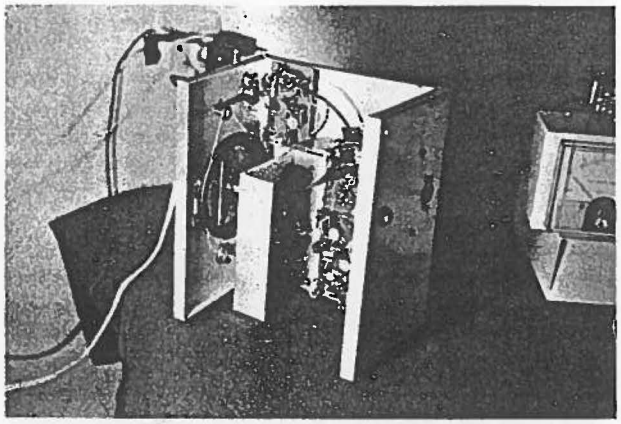


Figura 16.1*b* La figura ilustra algunos detalles constructivos. El dial se realizó con un tambor movido a hilo. Un disco se graduó en frecuencias y la lectura se hacía por una ventana frontal.

### 16.3.1 Receptores de conversión directa

Es el receptor más simple que existe para escuchar telegrafía y banda lateral. Consta de un sistema de sintonía de banda, un oscilador variable que trabaja a la misma frecuencia que la de recepción. Cuando se sintoniza una estación de banda lateral se produce un batido modulado por la banda lateral, resultando una señal de audio que puede amplificarse directamente con un amplificador de audio de elevada ganancia, puesto que no existe amplificación anterior, o es muy pobre en el mezclador. No se recomienda poner un amplificador de radiofrecuencia puesto que entonces se produciría fácilmente modulación cruzada. La alimentación de corriente continua debe ser muy filtrada si es proveniente de red; de lo contrario y debido a la alta ganancia en audio, aparece un zumbido muy molesto. El mejor resultado se obtiene utilizando pilas o bien una batería de plomo o níquel-cadmio. También es indispensable una buena toma de tierra. Si se monta altavoz deberá colocarse en caja aparte del receptor, pues de lo contrario se produce «microfonismo». En la figura 16.1*a* aparece el diagrama de bloques de un receptor de conversión directa.

Una consideración muy importante es que debe evitarse radiar la señal del oscilador variable por la antena. Si se utilizan transistores de silicio o diodos en el mezclador, deberán estar perfectamente balanceados para anular la radiación en la antena. Como esto es complicado, resultará más adecuado poner un preamplificador de radiofrecuencia de baja ganancia para que aísle de la antena al oscilador variable. La solución más simple consiste en utilizar un MOSFET de doble puerta, utilizando una puerta para la entrada de sintonía de antena y la otra para la entrada de la señal del oscilador variable; de esta forma quedan totalmente independizadas.

La figura 16.2*c* es el esquema completo de un receptor de conversión directa. La tabla de valores indica los cambios que hay que efectuar si se desea montar el receptor para una u otra banda. Deberá comprobarse la cobertura de frecuencia del oscilador variable mediante un frecuencímetro digital que puede conectarse en el colector de $Q_2$ para el ajuste del oscilador variable que provee los 2 voltios de radiofrecuencia. Ajustando los trimers y el núcleo de la bobina $L_1$ debe ser posible obtener el margen completo que interese; por ejemplo, en la banda de 40 metros, de 7 a 7,1 MHz. En la banda de 80 metros puede ser necesario añadir, en paralelo con el trimer asociado en serie al condensador variable de aire de 450 pF, un condensador de unos 220 pF, si se desea obtener un margen de 3,5 a 4 MHz. Todos los condensadores asociados a $Q_1$, excepto los de desacoplo de 10 nF, serán de estiroflex, de mica plateada, o cerámicos de coeficiente nulo de temperatura. Los trimers serán de calidad, los hay de poliéster. Los cerámicos producen derivas con la temperatura. Las bobinas L2 y L3 se ajustarán con un generador para máximo batido en el centro de la banda.

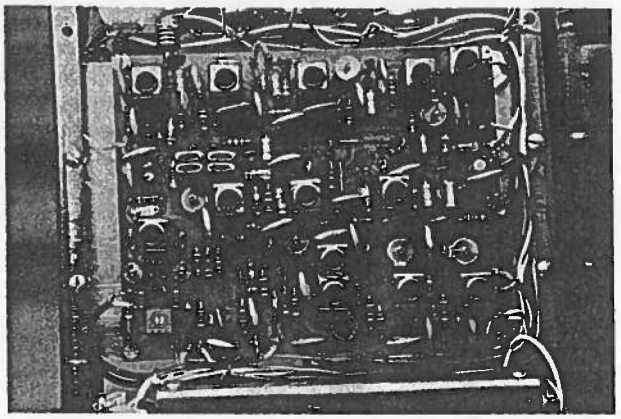


Figura 16.2*a* La fotografía ilustra un circuito impreso con componentes realizado de forma casera. Se ha procurado que las conexiones se efectúen por los extremos del circuito.

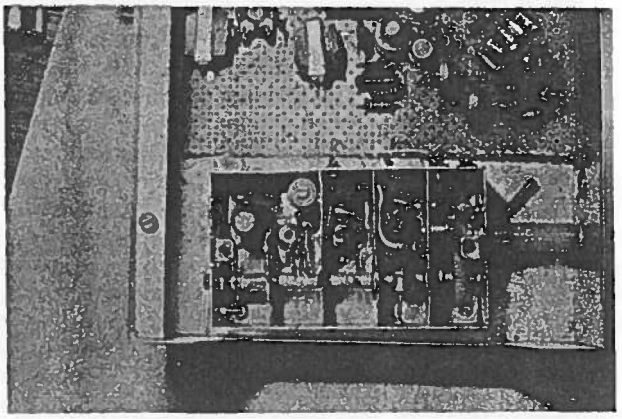
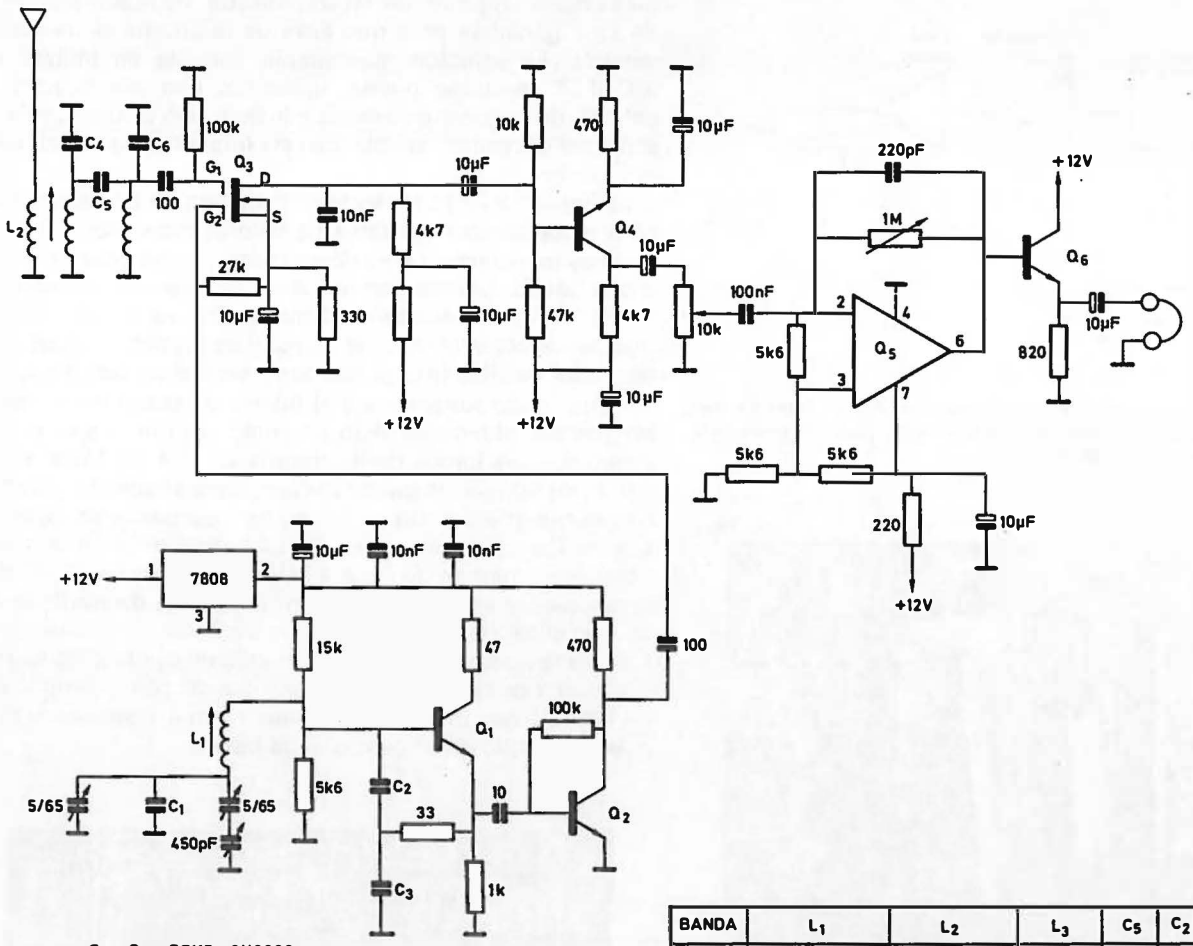


Figura 16.2*b* El oscilador de frecuencia variable se ha montado dentro de la caja de un viejo sintonizador de televisión. Se obtuvo una excelente rigidez mecánica y una reducción adicional del mando de sintonía.




$Q_1 = Q_2$ = BF115 - 2N2222...
$Q_3$ = MFE131 - 40673...
$Q_4 = Q_6$ = BC108...
$Q_5$ = 741

| BANDA | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $C_5$ | $C_2 = C_3$ | $C_1 = C_4 = C_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 60 espiras hilo 0,3mm sobre sobre 6 mm | Idem $L_1$ pero acoplamiento de 5 espiras | Idem $L_2$ | 10pF | 1.500pF | 220pF |
| 40 | 36 espiras | Idem $L_1$ pero acoplamiento de 4 espiras | Idem $L_2$ | 5pF | 1000pF | 100pF |
| 20 | 16 espiras | Idem $L_1$ pero acoplamiento de 3 espiras | Idem $L_2$ | 2,2pF | 820pF | 47pF |
| 15 | 13 espiras | Idem $L_1$ pero acoplamiento de 2 espiras | Idem $L_2$ | 1pF | 470pF | 33pF |
| 10 | 10 espiras | Idem $L_1$ pero acoplamiento de 2 espiras | Idem $L_2$ | 1pF | 330pF | 22pF |

Figura 16.2*c* Esquema de receptor de conversión directa con tabla de valores de bobinas y capacidades para cada banda.

### *16.3.1.1 Análisis circuital*

El oscilador variable está constituido por el transistor $Q_1$. El montaje es de colector común, si bien existe una pequeña amortiguación, ya que el colector tiene en serie una resistencia de 47 ohmios. La oscilación se produce entre emisor y base; en efecto, existe entre ellos una realimentación, ya que un divisor capacitivo constituido por $C_2$ y $C_3$ une base y emisor a través de una resistencia de 33 ohmios. La base es polarizada mediante un divisor resistivo y finalmente el circuito tanque u oscilante está constituido por la bobina $L_1$ en serie con varias capacidades cuya finalidad es cubrir el margen de la sintonía entre los límites de banda deseados. Este transistor es muy estable con 8 V de alimentación estabilizada y aún más a 5,5 V, pero entrega menor tensión de radiofrecuencia. Se ha optado por un regulador integrado, un 7808 que, a partir de 10 a 15 V, entrega 8 V estabilizados con un rechazo adicional de 60 dB de rizado residual.

Es conveniente montar el oscilador variable en un pequeño circuito impreso solidario del condensador variable de recepción de 450 pF de aire y encerrarlo todo en una pequeña caja metálica de la que solamente sobresalga el eje del condensador variable de aire, al que se acoplará, si se desea, un reductor y un disco graduado que sirva de dial.

El integrado 7808 regulador de tensión, se atornillará directamente en la caja grande del receptor lejos de esta cajita. La salida del colector del transistor $Q_2$ debe hacerse con cable coaxial. La cajita del OFV se someterá a cambios de temperatura para envejecer artificialmente los componentes, con lo que aumenta la estabilidad de frecuencia. Un método casero consiste en poner la cajita del OFV dentro de

una bolsa de plástico y ponerla en la nevera a temperatura próxima a cero grados centígrados; después de unas horas puede sacarse y someterse a una temperatura elevada de unos 40 grados. Si la bolsita es de plástico oscuro, puede bastar simplemente exponerla al sol del verano; esta operación se repite varias veces. La estabilidad del oscilador variable mejorará en el transcurso de unos días, cuando desaparezcan las tensiones mecánicas desarrolladas al atornillar el circuito impreso en la cajita y bobinar el hilo en la bobina, etc. Naturalmente, la mejor estabilidad se conseguirá en los 80 metros y es posible que se presente alguna pequeña deriva en los 10 metros.

Si deseáramos obtener una frecuencia muy estable en los 10 metros, sería preferible construir un oscilador variable heterodino a base de un oscilador de cuarzo de 22 MHz y un variable de unos 6 MHz, cuya suma daría 28 MHz con la deriva del variable, ya que el cristal es sumamente estable; pero como esto es algo complicado, proponemos un esquema suficientemente bueno para muchas horas de disfrute del principiante. En el MOSFET $Q_3$ se mezclan la señal de antena y la del oscilador variable, sin ninguna interacción entre ambas debido a estar mutuamente aisladas las puertas de entrada. En la puerta 2 existe una pequeña tensión de polarización producida entre el surtidor y masa a través de la resistencia de 330 ohmios. Esta polarización controla la ganancia del MOSFET, que será máxima cuando la tensión de polarización sea de 5 voltios aproximadamente y se producirá ganancia negativa, es decir atenuación, cuando esta tensión sea negativa. En este caso la ganancia es moderada, ya que no es conveniente una alta ganancia por problemas de modulación cruzada. Por el drenador de $Q_3$ y debido al condensador de desacoplo de 10 nF, no es posible que pasen señales de radiofrecuencia, ya que éstas se derivan a masa. Sólo encuentran un fácil paso las corrientes de baja frecuencia, o sea de audio, y éstas son las producidas por la diferencia de frecuencias entre las señales de antena y del oscilador variable.

Para explicarlo de una forma sencilla, supongamos que el oscilador variable oscila a 14.200 kHz. Si existe una señal en antena de 14.185 kHz, será escuchada a 14.215 kHz, puesto que la diferencia estará comprendida entre $\pm 15$ kHz, que son los límites prácticos de audición del oído humano y será tanto más audible cuanto más próxima esté a 14,2 MHz ya que, si coinciden las dos frecuencias, al estar la señal de antena modulada por la voz y filtrada en emisión a 2,5 kHz, obtendremos esta anchura de frecuencia.

Naturalmente, podríamos sustituir el condensador de 10 nF por un filtro que sólo dejara pasar 2,5 kHz, con lo que obtendríamos una selectividad muy elevada, pero esto complicaría la sencillez circuital con un filtro estrecho de audio, algo difícil de realizar, pero que bastaría intercalarlo entre $Q_3$ y $Q_4$. La señal de audio obtenida en $Q_3$ es sólo de 5 dB respecto a la antena, ya que el mezclador $Q_3$ es activo, y el transistor $Q_4$ es un amplificador de audio de alta ganancia, que puede llegar a 20 dB, según el transistor utilizado. La salida es aplicada a un potenciómetro que sirve para ajustar el volumen de recepción, y la toma media del potenciómetro se conecta al terminal de entrada de un amplificador operacional 741, que típicamente se alimenta a $\pm 12$ V, pero que gracias a un divisor resistivo trabaja a $\pm 6$ voltios y por lo tanto se alimenta con sólo los 12 voltios usualmente disponibles.

Los amplificadores operacionales tienen una ganancia muy elevada, que depende de su resistencia de realimentación negativa. Aquí se llega a un valor de un megohmio, con lo que se logra una amplificación mayor de 50 dB. El condensador de 220 pF actúa de filtro de paso bajo, ya que realimenta las frecuencias más altas y suprime ruidos silbantes, atenuando las frecuencias de audio que difieren en más de 5 kHz de la frecuencia de sintonía.

El transistor $Q_6$ sirve de amplificador de corriente del operacional, ya que de lo contrario sólo se trabajaría con cargas de 10.000 ohmios. Con el $Q_6$ es posible conectar cualquier tipo de auricular cuya impedancia esté comprendida entre 8 y 2.000 ohmios; incluso actuará sobre altavoces de 8 ohmios, pero el volumen será reducido.

La ganancia total de este receptor es del orden de 80 dB. Puede aún mejorarse colocando en lugar de los cascos un amplificador integrado, de los muchos que existen en el mercado; incluso se venden por unos 6 o 7 dólares pequeños circuitos impresos con el integrado ya montado. Puede resultar interesante alimentar este último amplificador con una fuente de alimentación separada de la anterior, ya que un paso de potencia puede modular ligeramente la corriente de la fuente de alimentación, lo que afectaría a los primeros pasos amplificadores y, como la ganancia total podría superar fácilmente 120 dB, se produciría una realimentación o autooscilación molesta. Es indispensable que exista una antena adecuada a la banda que se desee escuchar. La antena es el factor fundamental de este tipo de equipos y es la que proporcionará ganancia adicional.

Para sintonizar, bastará mover el dial, es decir el condensador del oscilador variable, hasta sintonizar la estación de banda lateral adecuada. No importa que la estación transmita en banda lateral inferior, en banda lateral superior, o en doble banda lateral. La nitidez será la misma, debido a que este receptor es en realidad un receptor de doble banda lateral, lo que no constituye ningún problema, excepto el ser algo ancho de banda. Para sintonizar una estación de telegrafía, se actúa igualmente sobre el mando de sintonía del oscilador variable. Si captamos una estación telegráfica con un tono de 1 kHz, el oscilador variable estará exactamente 1 kHz por encima o debajo de la frecuencia oída.

Hay que tener en cuenta que escucharemos las estaciones telegráficas en dos sitios al mover el dial, es decir las encontraremos repetidas y separadas exactamente unos dos kilohercios (para tono de 1 kHz de audio en recepción). Si la estación telegráfica emite en 14.050 kHz, nosotros escucharemos el tono de 1 kHz a 14.049 kHz y a 14.051 kHz y curiosamente en 14.050 kHz no escucharemos nada ya que estaremos en batido cero; es decir, la diferencia de frecuencias entre la telegráfica y nuestro oscilador será nula y por tanto ninguna señal de audio podrá ser detectada.

Las estaciones de amplitud modulada pueden recibirse si se ajusta el oscilador a la frecuencia de portadora de la estación de AM. De esta forma la diferencia entre el OFV y la portadora de AM son nulas y el batido sólo se produce con las bandas laterales que contiene una emisión de AM y nuestra frecuencia del OFV. Pero si se desintoniza un poco, la portadora y nuestro OFV generarán una señal de audio de tono constante, como un pitido, que estará presente junto con la señal de audio de las laterales, muy molesto de escuchar o incluso ininteligible. Pero a veces es divertido curiosear señales de estaciones comerciales en onda corta, como la «Voz de América», «Radio Neederland», «Radio Nacional de España», etc., para lo cual basta poner nuestro OFV fuera de las bandas de radioaficionados, simplemente algún megahercio arriba o abajo.

Pueden introducirse algunas mejoras en este receptor. La figura 16.3 detalla una forma de cambiar el sistema de sintonía de condensador variable por un diodo varicap gobernado por un potenciómetro de una o 10 vueltas; en

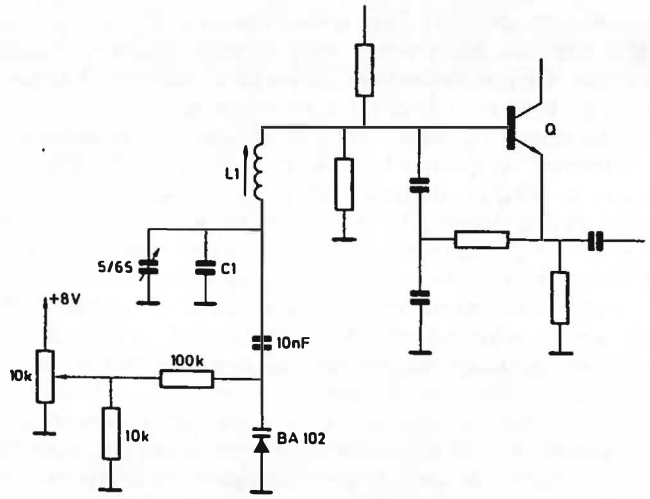



Figura 16.3 Mando de sintonía por potenciómetro. El potenciómetro de mando es de 10 vueltas. Fabricación Burns, Beckman, Helipot o similar, o bien un potenciómetro de carbón sin juego mecánico entre eje y contacto deslizante. Si lo tiene, abrirlo y poner una gotita de resina epóxica.

este último caso no hace falta poner reductor. Es preciso colocar una resistencia de 10 kΩ entre el punto central del potenciómetro y masa para que el recorrido sea algo lineal. Además esto ofrece una gran ventaja, ya que el potenciómetro puede instalarse en cualquier parte del panel frontal del receptor, mientras que la pletina del OFV puede ubicarse en cualquier sitio y a cualquier distancia del potenciómetro de mando.

La figura 16.4 muestra un filtro activo de audio para telegrafía. Se puede intercalar en la cadena de amplificación de audio del receptor. Debe ajustarse el potenciómetro trimer de 500 ohmios para un valor próximo a 200 ohmios, de forma experimental; si el valor es bajo, se producirá un tono continuo de 1 kHz, si el valor es alto, el filtro no actuará. Señales de unos 200 Hz por debajo o encima de un kilohercio, serán atenuadas más de 20 dB, mientras que la señal de un kilohercio es amplificada unos 10 dB; esto da una selectividad muy acusada, comparable a la de un buen filtro de cristal de cuarzo. Véase la curva representativa de este filtro en la figura 16.4.

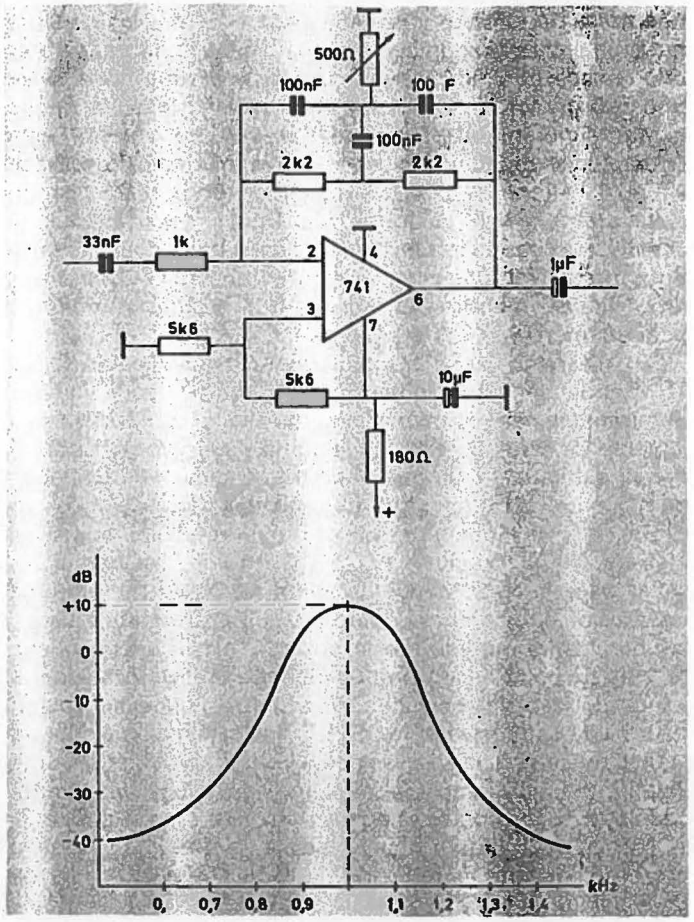



Figura 16.4 Filtro activo de audio para telegrafía. Este filtro puede colocarse antes del amplificador de potencia de audio, en cualquier receptor. La curva ilustra la respuesta aproximada de este filtro.

### *16.3.1.2 Indicador de señal de recepción o medidor de «S» («S» meter)*

Se detalla en figura 16.5. Requiere el uso de dos amplificadores operacionales, dos transistores y algunos diodos. El problema es que hay que amplificar la señal en

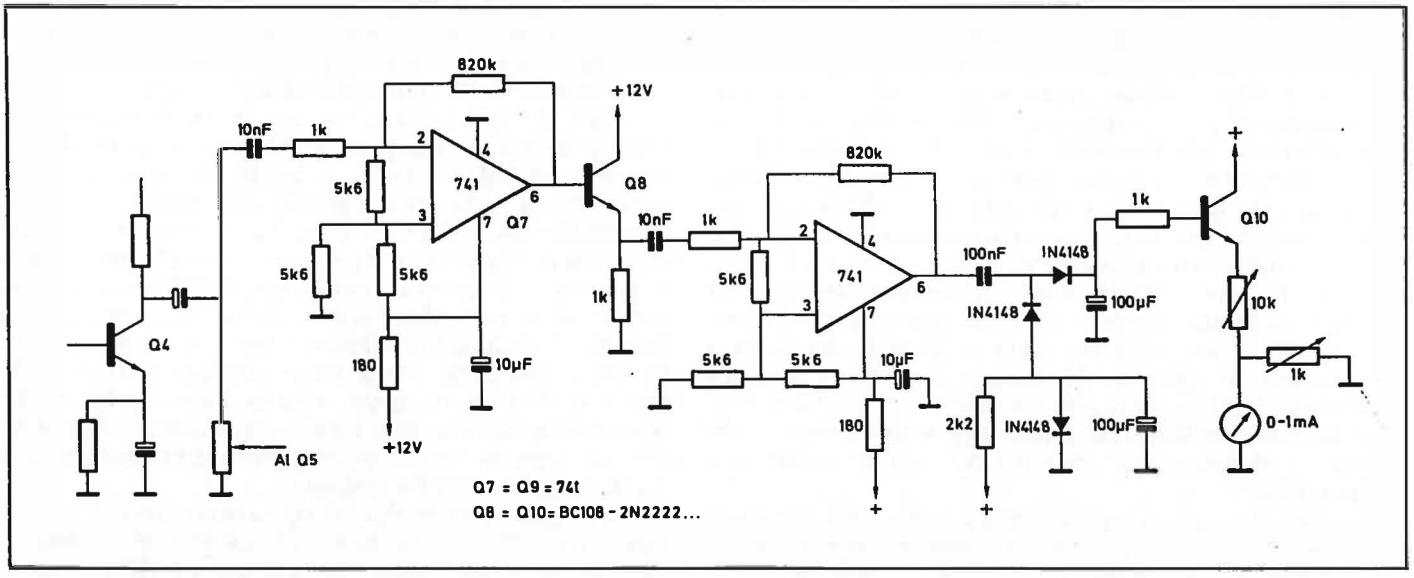



Figura 16.5 Indicador de señal de recepción «S» meter.

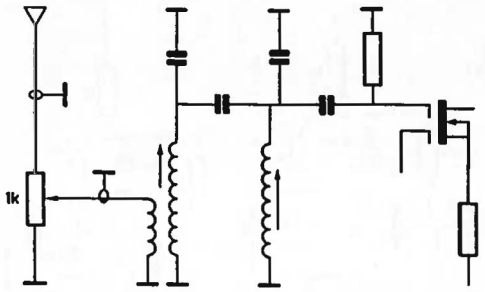



Figura 16.6 Atenuador continuo de RF. El potenciómetro de mando es de carbón, lineal, de 1.000 ohmios. Con él se consigue una atenuación ajustable de forma continua entre cero e infinito.

tensión suficientemente a fin de que el miliamperímetro sea lo suficientemente sensible para acusar señales débiles. Esta cadena proporciona unos 100 dB.

El condensador electrolítico de 100 $\mu$F se carga rápidamente a unos pocos voltios y se descarga lentamente a través de $Q_{10}$, lo que hace que el miliamperímetro no tenga variaciones bruscas, como sucedería si en todo momento indicara las variaciones de audio, y esto sería peor en telegrafía, donde la aguja oscilaría siguiendo los puntos y rayas del código Morse. No es aconsejable montar este medidor, pues complica bastante el montaje y no es imprescindible.

Cuando existen señales próximas o muy intensas, podemos tener problemas de modulación cruzada. Un sistema para reducir este fenómeno es atenuar la entrada de radiofrecuencia. El sistema más simple es el de un potenciómetro de carbón lineal, situado entre la antena y las bobinas de sintonía de entrada. Es simple pero efectivo y su esquema se ilustra en la figura 16.6.

### 16.3.2 Receptor superheterodino

El receptor de conversión directa hasta ahora descrito presentaba dos problemas esenciales: la sensibilidad era dependiente de la amplificación, la cual estaba sólo a cargo de la amplificación de audio, y por lo tanto limitada, y la selectividad era pobre debida a la ausencia de un filtro de cuarzo.

Con el receptor superheterodino se palían estos dos inconvenientes. En el esquema de bloques de la figura 16.7, se observa que la señal de entrada de la antena es preamplificada con un transistor en base común. Esto no da una gran amplificación, pero sí produce un gran rechazo de banda adyacente, de forma que se reduce la modulación cruzada por la presencia de potentes estaciones comerciales.

En la práctica se coloca un mando para regular la ganancia de este paso. La señal preamplificada ataca a un primer mezclador donde se recibe también la señal del oscilador variable. En el ejemplo que ilustra el diagrama, para los 20 metros, la señal de antena preamplificada corresponde a los 14 MHz y la del OFV a 5 MHz. En el mezclador se obtienen la suma y la diferencia, es decir 14−5=9 MHz y 14+5=19 MHz. El filtro de cuarzo sólo deja pasar los 9 MHz, pero además de una forma muy estrecha, tanto como 2,5 kHz o menos, según se construya el filtro. Esta frecuencia de 9 MHz es altamente amplificada en la frecuencia intermedia y se ataca a continuación a un segundo mezclador que también recibe una señal fija de 9 MHz proveniente de un oscilador a cuarzo, llamado oscilador de batido. Este mezclador se comporta exactamente como el mezclador del receptor de conversión directa de la figura 16.2, obteniéndose una señal de audio, que puede ser amplificada normalmente. La figura 16.8 detalla el esquema práctico. Si lo comparamos con la figura 16.2, observamos que el oscilador variable es similar y asimismo el segundo mezclador $Q_8$ de la figura 16.8, es idéntico al $Q_3$ de la figura 16.2. La diferencia esencial estriba en el uso del filtro a cristal de cuarzo y del amplificador de frecuencia intermedia, que consta de dos pasos sintonizados para obtener la máxima ganancia. Otra diferencia es la del oscilador de batido, que opera con cristal de cuarzo de 9 MHz y comprende un trimer serie que permite un ajuste de frecuencia de un kilohercio aproximadamente. Para que este equipo resulte de bajo costo se utilizan cristales de 27 MHz, que son extremadamente económicos, resultando a unas 130 pesetas la unidad. Estos cristales están cortados para oscilar en el tercer armónico a 27 MHz, por lo que su fundamental cae próximo a los 9 MHz.

La elaboración del filtro es algo laboriosa si quiere hacerse con precisión. Si escogemos $Y_1=27{,}215$ MHz, $Y_2=27{,}225$ MHz e $Y_3=27{,}205$ MHz, es decir, los canales 21, 22 y 20 respectivamente de la «banda ciudadana», al oscilar en fundamental deberían entregarnos las frecuencias:

$$Y_1=\frac{27{,}215}{3}=9{,}0716 \text{ MHz}$$

$$Y_2=\frac{27{,}225}{3}=9{,}0750 \text{ MHz}$$

$$Y_3=\frac{27{,}205}{3}=9{,}0683 \text{ MHz}$$

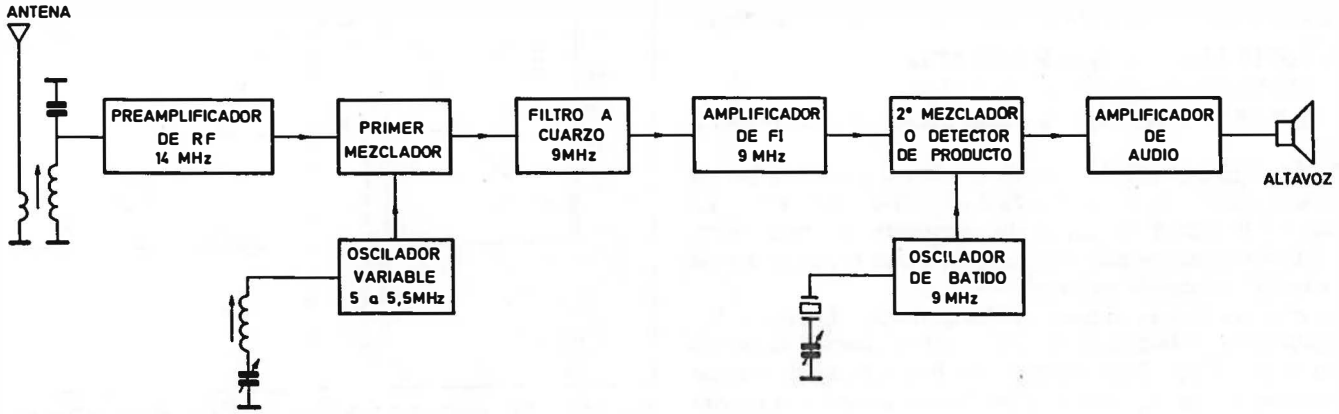
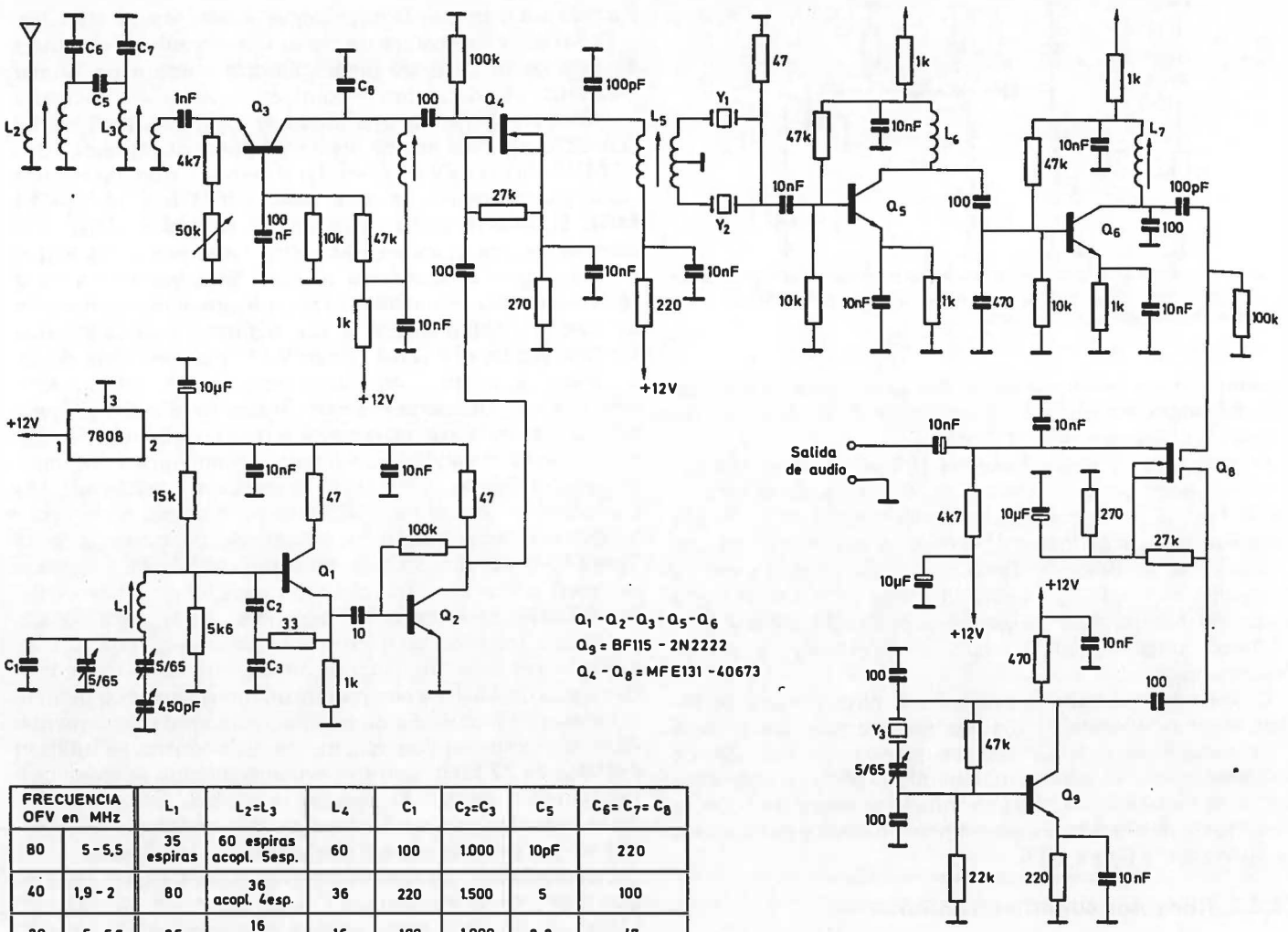



Figura 16.7 Diagrama de bloques del receptor superheterodino. Las frecuencias indicadas corresponden a la banda de 20 metros.




| FRECUENCIA OFV en MHz | | $L_1$ | $L_2$=$L_3$ | $L_4$ | $C_1$ | $C_2$=$C_3$ | $C_5$ | $C_6$= $C_7$= $C_8$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 5-5,5 | 35 espiras | 60 espiras acopl. 5esp. | 60 | 100 | 1.000 | 10pF | 220 |
| 40 | 1,9-2 | 80 | 36 acopl. 4esp. | 36 | 220 | 1.500 | 5 | 100 |
| 20 | 5-5,5 | 35 | 16 acopl. 3 esp. | 16 | 100 | 1.000 | 2,2 | 47 |
| 15 | 12-12,5 | 15 | 13 acopl. 3 esp. | 13 | 47 | 820 | 1 | 33 |
| 10 | 19-21 | 13 | 10 acopl. 2 esp. | 10 | 33 | 680 | 1 | 22 |

Figura 16.8 Esquema del receptor superheterodino. Se ha omitido el amplificador de audio, pudiéndose utilizar para tal función un circuito integrado, o bien convencional. Los valores de la tabla permiten construir el receptor para cualquiera de las bandas de radioaficionados. Todas las bobinas en hilo de 0,3 mm esmaltado; forma de 6 mm ∅ con núcleo ajustable de ferrita; todas con blindaje; $L_5$, $L_6$ y $L_7$=13 espiras, $L_5$=acoplamiento 3+3 espiras.

Pero existe una diferencia: el cristal $Y_1$ e $Y_2$ están en el filtro y no oscilan, sino que resuenan pasivamente. Esta diferencia hace que aproximadamente la frecuencia de resonancia sea unos 3 kilohercios inferior a la frecuencia de oscilación, por lo que restando 3 kHz a $Y_1$ e $Y_2$, obtenemos:

$Y_1$ = 9,0716 MHz − 3 kHz = 9,0686 MHz
$Y_2$ = 9,0750 MHz − 3 kHz = 9,0720 MHz
$Y_3$ = 9,0683 MHz (como este cristal oscila, no se le restan 3 kHz).

El filtro formado por $Y_1$ e $Y_2$ determina el ancho de banda o selectividad. $Y_2 - Y_1 = 9{,}0720 - 9{,}0686 = 3{,}4$ kHz. La figura 16.9 ilustra la curva de respuesta de este filtro, llamado de media celosía (lattice), así como el punto donde se sitúa la frecuencia de batido.

Se observa que la frecuencia del oscilador de cuarzo $Y_3$, llamada frecuencia de batido, cae en un extremo de la banda pasante del filtro. Sólo pasarán las frecuencias de batido superiores a esta frecuencia, y por lo tanto esto nos servirá para escuchar estaciones en banda lateral superior. Si

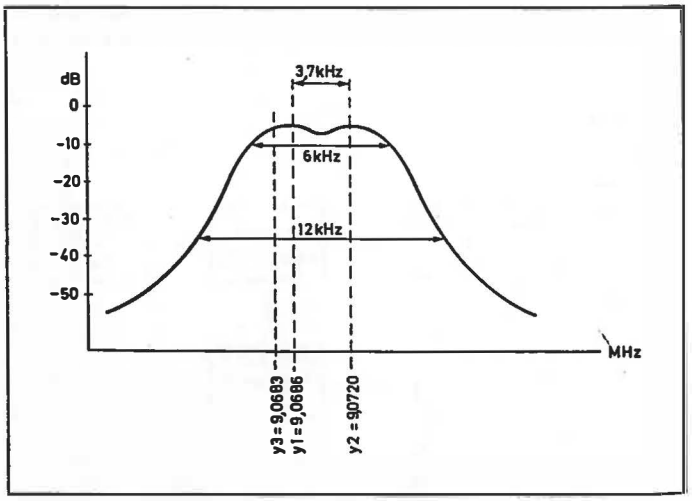



Figura 16.9 Curva ilustrativa de la respuesta del filtro de cuarzo tipo «media celosía».

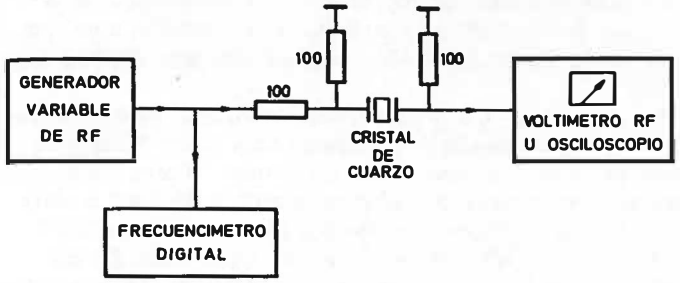



Figura 16.10 Disposición de los instrumentos de medida para seleccionar cuarzos para la construcción de filtros.

deseáramos escuchar banda lateral inferior deberíamos cambiar el $Y_3$ por un cristal que oscilase a unos 9,0723 kHz o sea $9{,}0723 \times 3 = 27{,}2169$ y el más próximo que encontraríamos sería de 27,215 MHz, o seal del canal 21 de la banda ciudadana.

Existe no obstante una diferencia muy notable entre la teoría y la práctica para estos cristales, pues en fundamental no resuenan exactamente a un tercio del armónico. Cristales iguales del mismo canal de 27 MHz, oscilan y resuenan en la fundamental con ciertas desviaciones. Adquiriendo tres o cuatro cristales de cada canal se puede, por tanto, seleccionar cristales que entreguen una aceptable banda pasante y utilizar un filtro de cuarzo estrecho que anule la banda lateral no deseada. El método de precisión es emplear la instrumentación detallada en la figura 16.10, en la que mediante un generador variable de 9 MHz, un frecuencímetro y un voltímetro de RF determinamos la frecuencia de resonancia en la fundamental de los cristales de 27 MHz, y podemos seleccionar dos cristales que tengan una diferencia de unos 2 kilohercios y que, debido al factor de forma, servirán para escuchar perfectamente estaciones de banda lateral con anchura de hasta 2,7 kHz.

Para telegrafía se pueden escoger cristales cuya diferencia sea sólo de unos 400 Hz. Se nota que, a medida que se estrecha el filtro, aumentan las pérdidas de inserción del

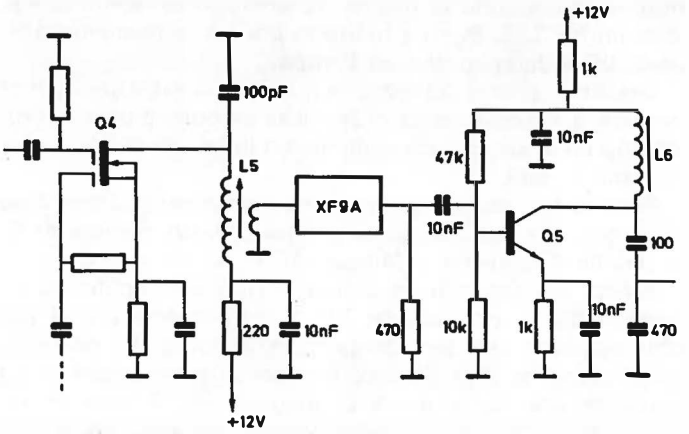



Figura 16.11 Modificación para incorporar un filtro comercial tal como el XF-9A de la KVG alemana. L5 debe presentar un acoplamiento de unos 500 ohmios de impedancia, lo que se consigue con unas 7 espiras.

mismo, por lo que una buena técnica es utilizar el filtro de banda lateral de 2,7 kHz e incorporar en la parte de audio un filtro activo como el representado en la figura 16.4. Esto es lo que hacen los transceptores más modernos.

Para no tener que seleccionar los cristales del filtro, se puede adquirir un filtro de cuarzo comercial como el XF-9A de la firma KVG alemana, a un precio aproximado de 6.500 pesetas. Se obtendrá una selectividad de 2,7 kHz a −6 dB, un buen factor de forma y menor pérdida de inserción, del orden de sólo 3 dB. La figura 16.11 muestra las modificaciones necesarias en el esquema. Con el cristal XF-9A se adjuntan los cuarzos para la frecuencia de batido, que bastará incorporar al oscilador de batido, sin ninguna modificación, simplemente ajustando el trimer para que la frecuencia de batido caiga en uno de los flancos de la característica del filtro.

Quien esté más avanzado en electrónica puede cambiar los dos pasos de la frecuencia intermedia por un circuito integrado tal como el MC1590G, con lo que se ahorrará una

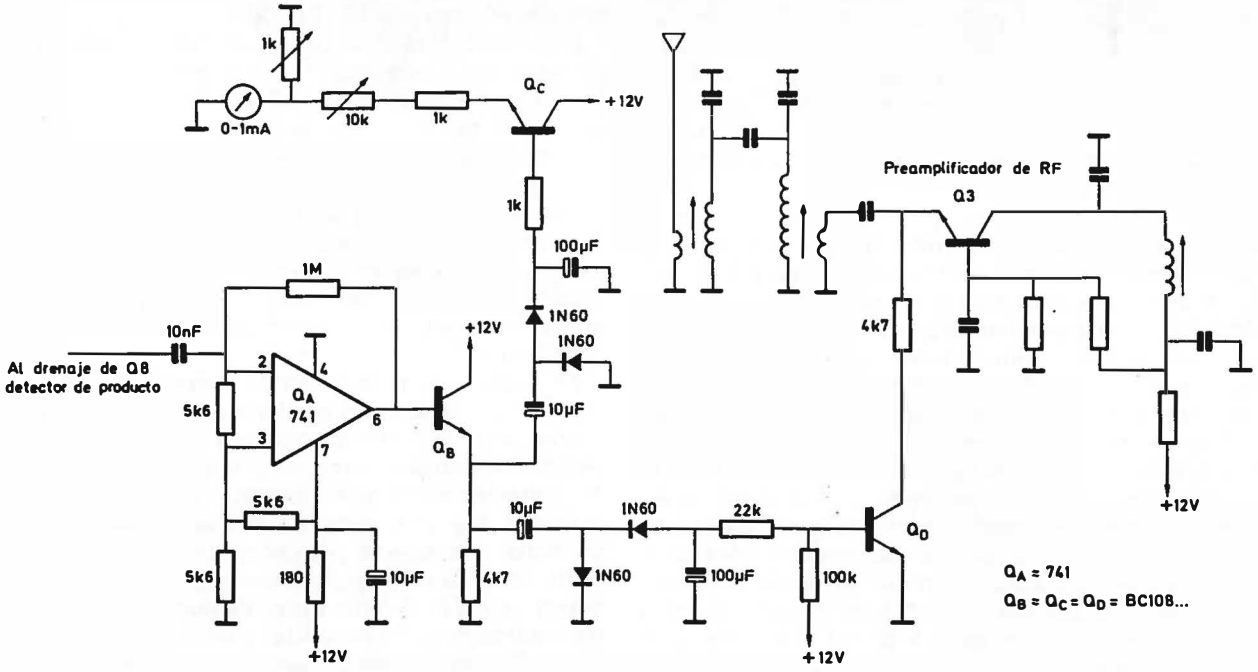



Figura 16.12 Circuitería para incorporar control automático de ganancia (CAG) y medidor de señal («S» meter) al receptor superheterodino.

bobina obteniendo la misma ganancia. Igualmente puede usar un MC1350P, muy utilizado por los norteamericanos, pero difícil de encontrar en Europa.

Las dimensiones del receptor pueden ser extremadamente pequeñas, especialmente si se utiliza un potenciómetro y un varicap en el sistema de sintonía, en lugar del condensador variable de aire.

Finalmente, para quienes deseen incorporar un sistema de CAG (control automático de ganancia) y un medidor de S, se detalla el esquema en la figura 16.12. La señal se toma del drenador del detector de producto $Q_8$ y es amplificada en tensión por el operacional 741 y en corriente por el $Q_B$, obteniéndose una tensión positiva a través del doblador rectificador de dos diodos, tensión que se amplifica en corriente por $Q_C$ y ataca al medidor de S, que es un instrumento de 1 miliamperio, aunque ajustando los potenciómetros puede servir cualquier instrumento de menos intensidad. Otro rectificador doblador de tensión entrega la tensión negativa suficiente para variar la polarización positiva de $Q_D$, que se aplica a través de una resistencia de 100 kΩ. Cuando existe una señal fuerte de audio, la tensión negativa hace que $Q_D$ no conduzca y por lo tanto la corriente que circula a través del transistor $Q_3$ preamplificador de RF disminuye y por tanto su ganancia. El margen dinámico es muy elevado y podría aumentarse controlando de igual manera los pasos de frecuencia intermedia. Pero hemos comprobado que el primer paso es el más efectivo. Naturalmente, el CAG que describimos sustituye al mando manual de radiofrecuencia que resultará innecesario. No obstante, si se desea tenerlo, puede incluirse el representado en la figura 16.6.

### 16.3.3 Receptor superheterodino multibanda

Para las diversas bandas, es preciso cambiar el OFV y las bobinas de sintonía de antena y, si hay que pasar de la banda lateral superior a la inferior, habrá que cambiar los cuarzos del oscilador de batido. Por tanto, hay que construir un bloque de bobinas de sintonía (figura 16.8) y para las cinco bandas (80, 40, 20, 15 y 10 metros) será necesario repetir las bobinas $L_2$ y $L_3$, cinco veces, lo que nos da 10 bobinas.

Por otra parte, será preciso construir 4 osciladores variables ya que para 80 y 20 metros sirve el mismo y, finalmente, será preciso cambiar el cuarzo. Como hay que ajustar el trimer cada vez, es mejor construir dos osciladores de batido con su cuarzo correspondiente y ajustarlos óptimamente para batir la banda lateral superior y la banda lateral inferior respectivamente, aplicando simplemente tensión al oscilador correspondiente.

La conmutación de los bloques de bobinas puede hacerse mediante un conmutador mecánico de dos contactos y cinco posiciones más otro conmutador para los cuatro variables y un conmutador para el oscilador de batido. Esto obliga generalmente a emplear cableado y a utilizar costosos componentes como conmutadores múltiples de varias galletas para circuito impreso, etc. Una solución práctica es hacer uso de la conmutación electrónica, para la cual bastará un solo conmutador rotativo de un contacto y cinco posiciones. El esquema de la figura 16.13 corresponde a la conmutación completa. Se ha preferido montar un preamplificador de RF para cada banda y conmutarlo completo. Los transistores $Q_M$ sólo conducen cuando son excitados en la base y por tanto conectan la antena al correspondiente preamplificador. Los puntos señalados con la A se conectan al potenciómetro de mando manual de RF o al sistema de CAG, según se desee realizar el montaje. La señal de salida del preamplificador de RF se aplica a un diodo que sólo conduce RF cuando está polarizado con tensión continua. Este diodo es un 1N4148 y trabaja con una impedancia media.

En cuanto a los osciladores variables, será preciso disponer de un mando único actuado por potenciómetro. En cada oscilador variable habrá un varicap (figura 16.3). El oscilador variable de 80-20 metros abarca de 5 a 5,5 MHz. En la banda de 80 metros, los 5,5 MHz sumados a los 3,5 MHz dan los 9 MHz de la frecuencia intermedia. En los 20 metros, a los 14 MHz se les resta 5 MHz del variable y da también los 9 MHz de la FI, en los 40 metros el OFV va de 1,9 a 2 MHz que sumados a los 7 MHz dan los 9 MHz de la FI. En los 15 metros, los 21 MHz de la FI y finalmente en los 10 metros, los 9 MHz de la FI, se obtienen restando de los 28 MHz los 19 MHz del oscilador variable. En esta banda el oscilador de 19 a 21 MHz debe ser realizado muy cuidadosamente y envejecido al máximo; aún así podrá existir una pequeña deriva, que puede obligar a resintonizar al cabo de unos minutos. Se observará que el OFV de 5 a 5,5 MHz se activa tanto para los 80 como para los 20 metros gracias a los diodos $D_H$ conectados en el selector.

Finalmente la elección de la banda lateral superior o de la inferior puede ser realizada automáticamente, teniendo en cuenta que para 80 y 40 metros se trabaja en banda lateral inferior, mientras que en 20, 15 y 10 metros se trabaja en banda lateral superior. También los diodos $D_H$ se encargan de esta conmutación de forma automática. Aun cuando los osciladores variables y los de batido quedan mutuamente en paralelo, si bien disminuye o atenúa la tensión de RF generada, no produce un funcionamiento deficiente, puesto que los mezcladores tanto el primero como el detector de producto, son MOSFET de alta impedancia y no requieren señales elevadas de inyección.

## 16.4 TRANSMISION. GENERALIDADES

En general los dos criterios básicos son los de obtener una emisión limpia de armónicos y señales espurias, ocupando la anchura de banda especificada para cada modalidad, y la de obtener una buena estabilidad de frecuencia, a ser posible con deriva inferior a 100 Hz/hora.

El uso actual de semiconductores de silicio implica que, por su propia naturaleza, se comporten como varicaps o varactores, es decir como multiplicadores de frecuencia, por lo que un transistor que amplifique una señal de 7 MHz presentará en su salida una señal de 7 MHz amplificada, pero acompañada de armónicos de varios órdenes, con mucha facilidad los impares, y se detectará RF en 21 MHz, 35 MHz etc. Un paso bien sintonizado atenúa los armónicos; un push-pull de transistores anula los armónicos pares. Pero generalmente los amplificadores de potencia son de banda ancha, lo que obligará a poner filtros de paso de banda para cada banda.

En cuanto a la estabilidad de frecuencia, ésta será buena siempre que se utilicen osciladores controlados a cristal de cuarzo, muy recomendables para los principiantes, y que algunas Administraciones exigen durante un cierto período de operación mientras se obtiene la licencia. Los osciladores variables son muy estables y cuando están construidos correctamente operan por debajo de 8 MHz.

En cuanto al montaje, los circuitos impresos deben tener la mayor cantidad de cobre posible que haga de masa. Todas las bobinas deben ir blindadas para evitar autooscilaciones y los rabillos de los componentes deben ser cortos. Todas las

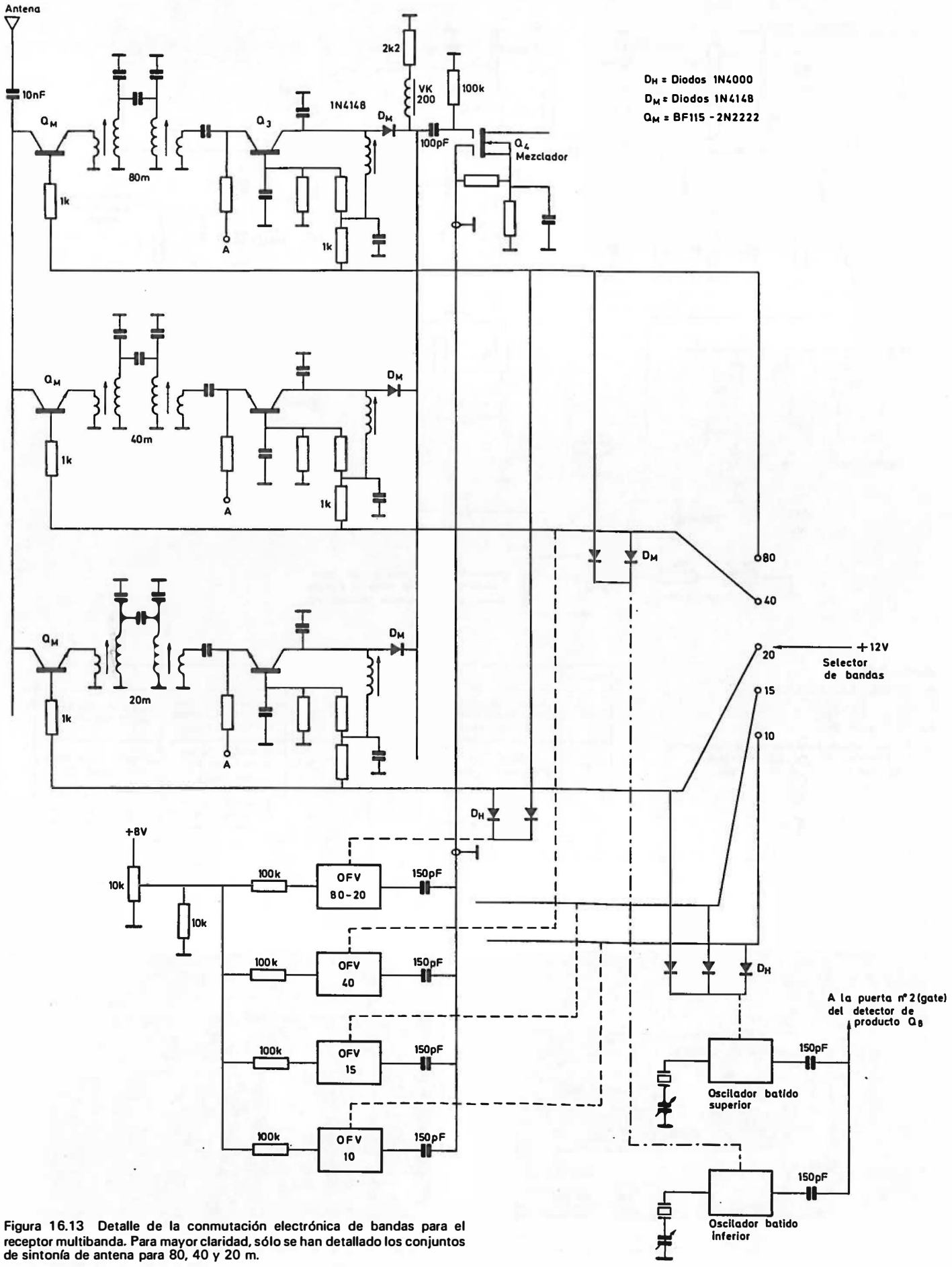
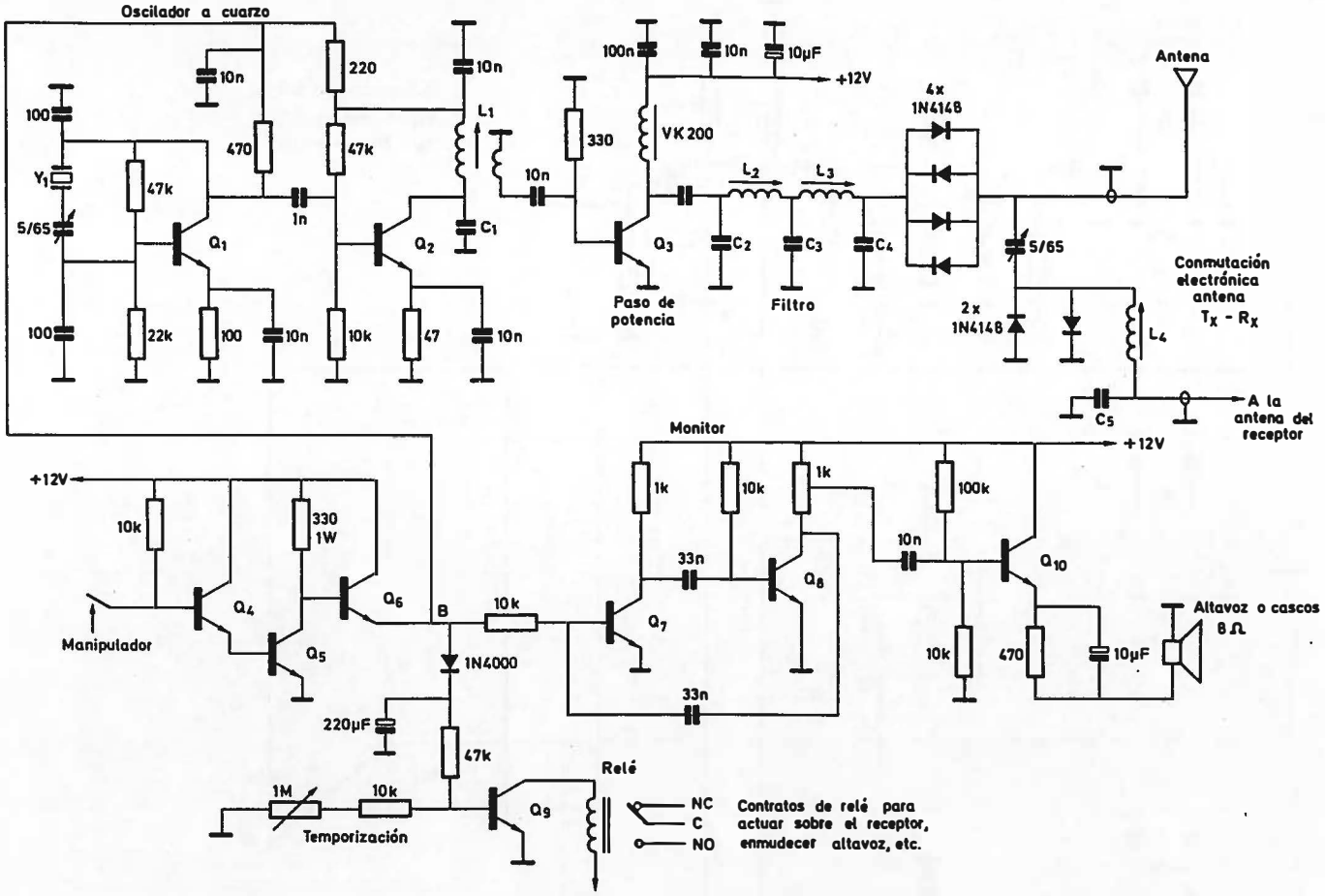



Figura 16.13 Detalle de la conmutación electrónica de bandas para el receptor multibanda. Para mayor claridad, sólo se han detallado los conjuntos de sintonía de antena para 80, 40 y 20 m.




$Q_1 = Q_2$ = BF115....
$Q_3$ = 2N3866 - BD226 - 2N3553....
$Q_4 = Q_5 = Q_7 = Q_8$ = BC108
$Q_6 = Q_9 = Q_{10}$ = BD135.....
$Y_1$ = Cuarzo cortado para resonancia fundamental 3.5 a 3,6MHz - 7.000 a 7,040 MHz - 14.000 a 14.100MHz. Una frecuencia a elegir. Capacidad serie 20pF.

| BANDA | $L_1$ | $C_1=C_5$ | $C_2=C_4$ | $C_3$ | $L_2=L_3$ | $L_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 60 espiras 0,3 mm sobre forma 0,6mm acoplamiento 5 espiras | 220 | 1.500 | 2.200 | 25 espiras 0.6mm sobre forma 8 mm con nucleo 2 capas | 60 espiras hilo 0,3mm sobre forma 6 mm |
| 40 | 35 espiras acoplamiento 4 espiras | 110 | 820 | 1.200 | 15 espiras 0,6 mm sobre forma 8mm con núcleo | 35 espiras hilo 0,3mm sobre forma 6 mm |
| 20 | 16 espiras acoplamiento 3espiras | 47 | 470 | 680 | 8 espiras 0,6 mm sobre forma 8mm con núcleo | 15 espiras hilo 0,3mm sobre forma 6mm |

Figura 16.14*a* Transmisor de telegrafía útil para 80, 40 o bien 20 metros.

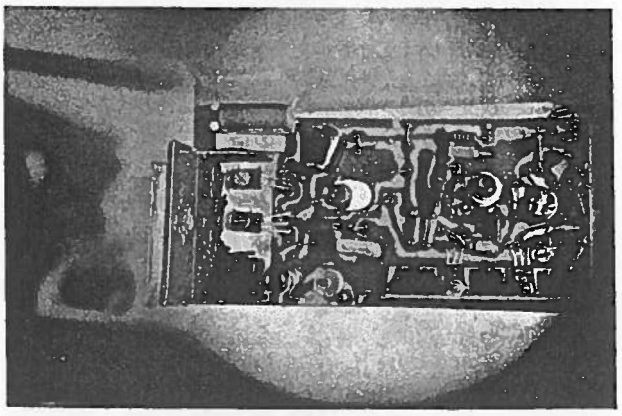


Figura 16.14*b* La fotografía ilustra un circuito impreso tipo casero para la parte de amplificación de potencia. Los transistores han sido atornillados sobre aluminio en ángulo para mayor disipación.

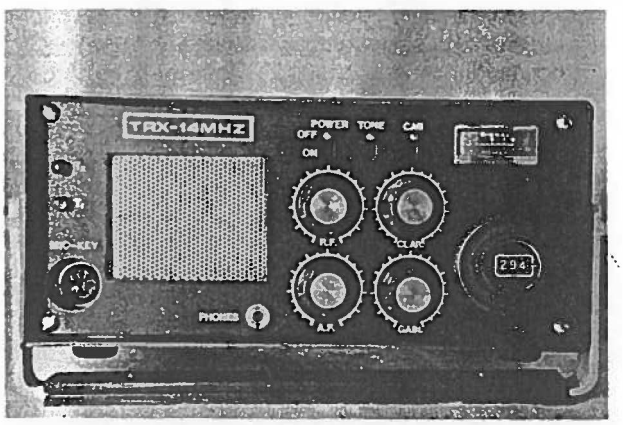



Figura 16.14*c* El buen acabado final y presentación del frontal, hacen de este equipo una muestra de la habilidad constructiva de los radioaficionados.

entradas de cables, sean de alimentación, o de conmutación deben estar desacopladas con condensadores cerámicos de disco. Las interconexiones entre pletinas en que estén presentes señales de RF deben ser llevadas a cabo con cable coaxial. Las pletinas se atornillarán al chasis de aluminio u otro metal mecanizable, mediante separadores de unos 5 mm. Los pasos de potencia se pondrán separados y blindados de las pletinas en que haya presencia de señales débiles. Los ajustes deben ser suaves, y debe eludirse el diseño de un circuito cuyo ajuste sea crítico y que autooscile fácilmente o que produzca comportamientos «raros»

Al objeto de que el principiante no se desanime, ofrecemos circuitos muy simples, pero de funcionamiento seguro y con componentes de fácil adquisición por su coste y su normal uso en la industria electrónica.

## 16.5 SIMPLE TRANSMISOR DE TELEGRAFIA

La figura 16.14 es el esquema de un transmisor de telegrafía, útil para una de las bandas de 80, 40 ó 20 metros. Trabaja con un cristal de cuarzo oscilando en su frecuencia fundamental. Puede variarse la frecuencia en un kilohercio aproximadamente al ajustar el trimer en serie con el cristal. A primera vista el circuito parece muy complicado. En realidad el circuito transmisor está compuesto solamente por los transistores $Q_1$, $Q_2$ y $Q_3$ y sus circuitos asociados; los demás con circuitos auxiliares, así $Q_4$, $Q_5$ y $Q_6$ sirven para utilizar un manipulador que activará al transistor $Q_9$, que gobierna a un relé cuyos contactos servirán para enmudecer el altavoz y aplicar tensión a un receptor que se utilice en combinación con este equipo transmisor. $Q_7$, $Q_8$ y $Q_{10}$ sirven de monitor de audio, para escucharse uno mismo. Finalmente, la serie de diodos y la bobina $L_4$, $C_5$ y el trimer asociado sirven para la conmutación electrónica de la antena entre emisor y receptor.

El cristal de cuarzo $Y_1$ oscila en la fundamental gracias a la realimentación positiva entre base y colector. El cristal resuena en serie y el trimer permite modificar ligeramente la frecuencia de oscilación; generalmente esta variación es del orden de un kilohercio, aunque algunos cristales permiten variaciones mayores, incluso de 10 kHz.

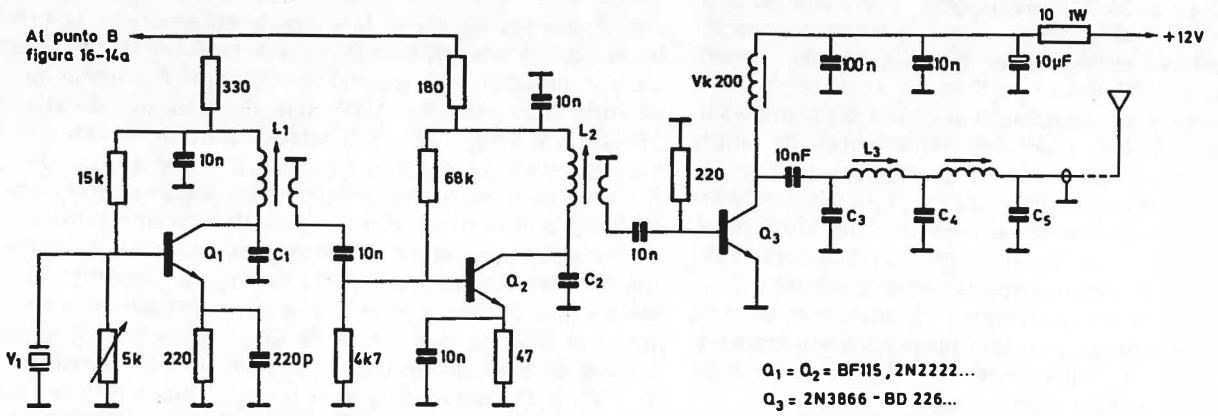
La señal de RF de $Q_1$ ataca directamente la base de $Q_2$. La adaptación de impedancias no es correcta, pues obligaría a utilizar una bobina con acoplamiento y, por tanto, la transferencia no es total, pero ahorrarse el hacer una bobina bien vale la pena. $Q_2$ tiene el colector sintonizado y el acoplamiento de pocas espiras en la bobina $L_1$ permite realizar una buena transferencia a $Q_3$, el cual no está polarizado con un divisor resistivo como $Q_2$, sino que tiene una simple resistencia a masa. $Q_3$ trabaja en clase C y para que no se queme el transistor se limita la corriente con la resistencia de 10 ohmios en serie con la alimentación. Si se suprime esta resistencia, la potencia de emisión aumenta, pero si el transistor es de tamaño pequeño puede destruirse. Al experimentador nato se le abren caminos para utilizar transistores de mayor potencia y suprimir o rebajar el valor de esta resistencia y obtener así mayores potencias. Con los valores utilizados, la potencia obtenible es del orden de 2 W, más que suficientes para cubrir todo el mundo en telegrafía con propagación favorable.

El colector de $Q_3$ se alimenta a través de un choque VK 200; por trabajar en clase C, la señal de RF obtenida es rica en armónicos de todo orden, tanto pares como impares, por lo que debe ser cuidadosamente filtrada mediante el filtro de paso bajo formado por las bobinas $L_2$, $L_3$ y los condensadores $C_2$, $C_3$ y $C_4$. Estas bobinas no irán dentro de un blindaje pero todas las demás sí. Los diodos en serie con la salida hacen que si la tensión de RF excede de 0,6 V, como es este caso, conduzcan y conecten la antena con el extremo de $L_3$. Cuando esto sucede, la RF que llega al par de diodos 1N4148 en antiparalelo conectados a masa, hacen que la acción del trimer se sume a la de capacidad a masa de $C_4$. Mientras se está en recepción, ningún diodo es conductor, y el trimer queda en serie con $L_4$, resultando una sintonía en serie que favorece la recepción en esta frecuencia y la antena queda conectada al receptor. El circuito monitor es un simple multivibrador que oscila aproximadamente en un tono de 850 Hz y, a través de $Q_{10}$, excita a un pequeño altavoz para escucharnos en los intervalos de transmisión. $Q_4 - Q_5$ y $Q_6$ permiten que el manipulador tenga un polo conectado a masa, que la corriente que circula por el manipulador sea muy pequeña y, por tanto, que no le produzca chispas, oxidaciones, fallos, emisión de «clics», etc., y que la tensión conmutada al ritmo de nuestros puntos y rayas actúe sobre $Q_1$ y $Q_2$, además del monitor de audio, a la vez que cargan un condensador de 220 $\mu$F, que se descarga lentamente a través de $Q_9$, produciendo una temporización del relé que actúa sobre el receptor. Esto permite trabajar en «Semibreaking», es decir, el relé queda enganchado cuando se emite el primer punto y el receptor mudo durante 0,5 segundos (según la posición del potenciómetro de ajuste de temporización, que es el de 1 megohmio); de esta forma entre puntos y rayas no se desactiva el relé y no suena el receptor, que quedará mudo gracias a la conexión de los contactos libres del relé, por ejemplo, desconectando la tensión del amplificador de audio, conectando a masa el potenciómetro de volumen, o incluso desconectando el altavoz y sustituyéndolo por una resistencia de 8 ohmios, para no destruir el amplificador de audio sin carga (en especial si es con transformador de salida de audio).

Para simplificar el circuito se puede realizar el del transmisor y omitir todos los demás. En lugar del circuito de conmutación bastará intercalar el manipulador entre el positivo de los 12 V y los dos primeros transistores. Podrá incluso escucharse a través del propio receptor. Esta disposición puede ser adoptada cuando las potencias empleadas son pequeñas o muy pequeñas, pero con potencias mayores el receptor produce muchos ruidos, hay que variar constantemente el volumen del receptor, porque el corresponsal se escuchará débil y nuestra emisión saturará el receptor y se oirá muy fuerte o distorsionada o, según sea la saturación, no se oirá nada, a pesar del circuito electrónico de diodos para la conmutación de antena, circuito que nunca debe omitirse a menos que se trabaje con antenas separadas, una para el receptor y otra para el emisor.

## 16.6 TRANSCEPTOR DE TELEGRAFIA PARA 20, 15 O 10 METROS

El anterior transceptor sólo es útil para 80, 40 o 20 metros, pues resonando los cristales en la fundamental suelen alcanzar 14 MHz, y para esta frecuencia y especialmente las superiores es preferible utilizar cristales cortados para el tercer sobretono. El colector del primer transistor está sintonizado a la frecuencia de trabajo y ajustando el núcleo puede conseguirse una ligera variación de frecuencia, pero mucho menor que la lograda con el primer circuito. El segundo transistor está ligeramente polarizado por un divisor resistivo y, finalmente, el tercer paso trabaja en clase




| BANDA | $L_1 = L_2$ | $L_3 = L_4$ | $C_1 = C_2$ | $C_3 = C_5$ | $C_4$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 16 espiras hilo 0,3mm sobre forma 6mm ø acoplamiento 3espiras | 8 espiras 0.6mm sobre forma 8mm ø | 47pF | 470pF | 680pF |
| 15 | 13 espiras acoplamiento de 3 espiras | 6 espiras | 33 pF | 330pF | 560pF |
| 10 | 11 espiras acoplamiento de 2 espiras | 5 espiras | 22pF | 220pF | 470 pF |

Figura 16.15 Transmisor de telegrafía para 20, 15 o 10 metros.

C, entregando la potencia máxima capaz de disipar el transistor. Los circuitos auxiliares no se han representado por estarlo ya en el esquema anterior.

## 16.7 OSCILADORES VARIABLES Y HETERODINOS

Se puede sustituir un oscilador de cuarzo por un oscilador variable, que puede construirse idéntico al que pertenece al receptor de conversión directa (figura 16.2) y que será estable en 3,5 MHz y, si el circuito está construido cuidadosamente, se podrá trabajar en 7 MHz. Para frecuencias superiores es preferible montar un oscilador heterodino tal como el de la figura 16.16.

Con cristales de 27 MHz se pueden hacer muchas combinaciones. Por ejemplo, para emitir con alta estabilidad en 10 metros se utiliza en $Y_1$ un cristal de 27 MHz que oscilará en la fundamental a 9 MHz. El OFV se varía entre 1,9 y 2 MHz, margen de frecuencia que es sumamente estable. La diferencia dará en el mezclador $Q_5$ de 7 a 7,1 MHz.

Para trabajar en 14 MHz y hacer trabajar el OFV en 5 a 5,350 MHz, obteniendo en $Q_5$ la suma, es decir de 14 a 14,350 kHz.

Para los 15 metros, es decir 21 MHz, debe sustituirse el circuito de $Y_1$ por el $Y_2$, que se señala unido por línea de puntos con $Q_5$. En este caso el cristal de 27 MHz, oscilará precisamente en 27 MHz y el OFV deberá variarse de 5,550 a 6 MHz, que restados de los 27 MHz, nos dará en el mezclador $Q_5$ la frecuencia de 21,450 MHz.

Para obtener 28 MHz debe utilizarse en $Y_2$ un cristal de 26.500 kHz aproximadamente y realizar un OFV de 1,5 MHz. Con él se podrán cubrir unos 100 kHz como máximo en la gama de los 28 MHz, puesto que un OFV de 1,5 MHz no es posible variar en mucho su frecuencia a menos que se utilice un condensador variable de más de 1.000 pF y posiblemente con este valor el OFV deje de oscilar. Por tanto, si deseamos cubrir la banda de telegrafía de los 10 metros, es decir de 28,000 a 28,500 MHz, deberemos encargar un cristal de cuarzo de por ejemplo 22 MHz (para resonancia en el tercer sobretono a 22 MHz) y realizar un OFV de 6 a 6,5 MHz.

Cuando el margen a cubrir es, como en este último caso, de 28 a 28,500 MHz, las bobinas $L_2$ y $L_3$ solidarias de $Q_5$ y $Q_6$ respectivamente, no se ajustarán al máximo de salida de un punto, sino que $L_2$ se ajustará, por ejemplo, a 28,200 y $L_3$ a 28,350 MHz, al objeto de obtener una respuesta más plana.

## 16.8 JUGANDO CON LA BANDA LATERAL

La figura 16.17 muestra un diagrama del proceso de modulación en banda lateral. En *a*) está representada una señal de radiofrecuencia pura, correspondiente a una frecuencia de las bandas de radioaficionado, por ejemplo 14.000 kHz. En *b*) está representada una señal sinusoidal de audio de 1 kilohercio. La forma de onda de la voz es muy compleja, pero se simplifica su estudio a base de una señal pura de audio de 1 kHz.

Cuando se modula en banda lateral, la resultante tiene una forma de onda similar a la representada en *c*). Si desaparece la señal de audio de 1 kHz, la resultante es nula; si aumentamos la amplitud de la señal de audio, aumenta la amplitud de la señal resultante. De ello se infieren dos consecuencias importantes: primera, cuando no hay modulación, no hay salida de señal de emisión en banda lateral. Segundo, la potencia de emisión es proporcional a la amplitud de la modulación de audio. Veamos cómo se genera la banda lateral.

En el diagrama de bloques de la figura 16.18, un generador de radiofrecuencia suministra una señal, que es llamada portadora. Un modulador balanceado cancela esta señal, mientras no hay modulación de audio, pero cuando existe deja pasar niveles de radiofrecuencia proporcionales a la amplitud de la modulación. Finalmente, esta señal es

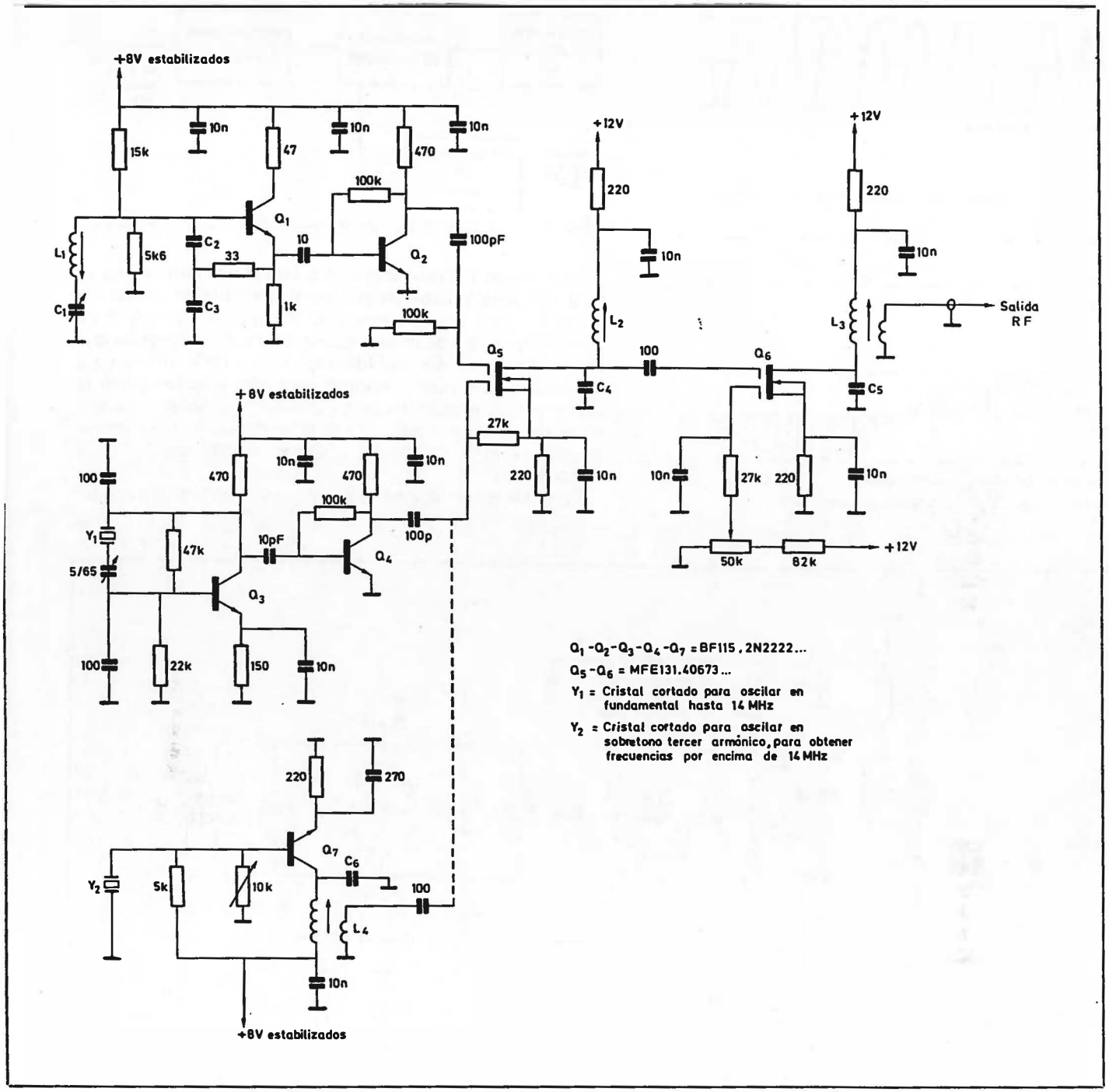



Figura 16.16 Oscilador heterodino. Los valores de los componentes $L_1$, $C_1$, $C_2$ y $C_3$,determinarán la frecuencia del oscilador variable: $L_4$,$C_6$, la frecuencia del tercer sobretono del cristal $Y_2$, $L_2$,$C_4$ y $L_3$, $C_5$ se ajustan a la frecuencia heterodina o resultante.

amplificada linealmente por un amplificador que trabaja en clase A para reproducir exactamente la forma de onda obtenida y no deformarla, lo que sucedería si se trabajara en clase C. Para jugar un poco con esto, empleando muy poco dinero, podemos construir el emisor de doble banda lateral de acuerdo con el esquema de la figura 16.19. Consta de un oscilador variable de, por ejemplo, 14 MHz. La señal de radiofrecuencia ataca al modulador balanceado a través de un potenciómetro de carbón. El modulador balanceado consta de 4 diodos en anillo. La bobina $L_2$ y capacidad asociada se ajustan para resonancia en 14 MHz. En esta forma y mientras no se modula, es decir, el amplificador de micrófono no entrega señal, pasa por el potenciómetro la señal de 14 MHz y llega a la bobina $L_2$ por ambos lados simétricamente. Para corregir la asimetría se ajustan el trimer de 5/65 pF y el potenciómetro de forma que las tensiones de RF que lleguen a los extremos de $L_2$ sean exactamente de igual valor y, por tanto, se anulan con lo que en $L_2$ no habrá RF. Esto quiere decir que la señal portadora quedará suprimida. Cuando hablamos delante del micrófono, la señal de audio es amplificada por el operacional 741 y la tensión de audio se introduce en el anillo de diodos. Como la señal de audio es alterna, unos diodos conducirán durante los picos positivos y otros durante los picos negativos de la forma de onda. Esto hace que se desequilibre el modulador y se genere radiofrecuencia en $L_2$ al ritmo de la modulación.

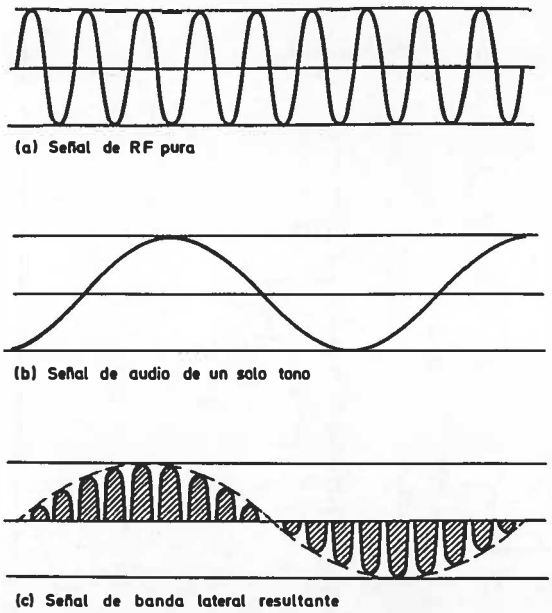



Figura 16.17 Diagrama de modulación en banda lateral.

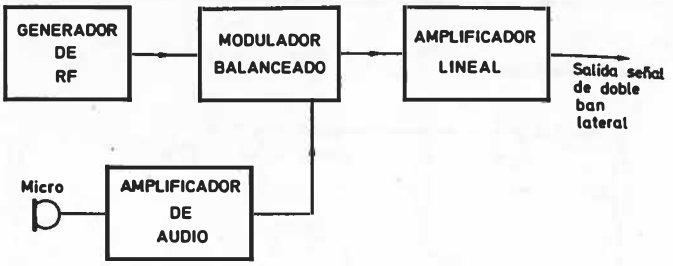



Figura 16.18 Esquema de bloques de una emisora de doble banda lateral.

La señal de RF de doble banda lateral existente en $L_2$ es muy pequeña y debe amplificarse; para ello se añade un pequeño paso amplificador que trabaja en clase A. Para modular un anillo de diodos como el presente es preciso que la tensión de la señal portadora sea mayor de 2 voltios, pero no mucho más, pues entonces sería más difícil suprimir la portadora en el modulador balanceado. La señal de audio debe ser del mismo orden. Si la señal de audio es de mayor amplitud que la portadora, se obtendrá una banda lateral distorsionada.

Si el lector se decide a montar este pequeño circuito,

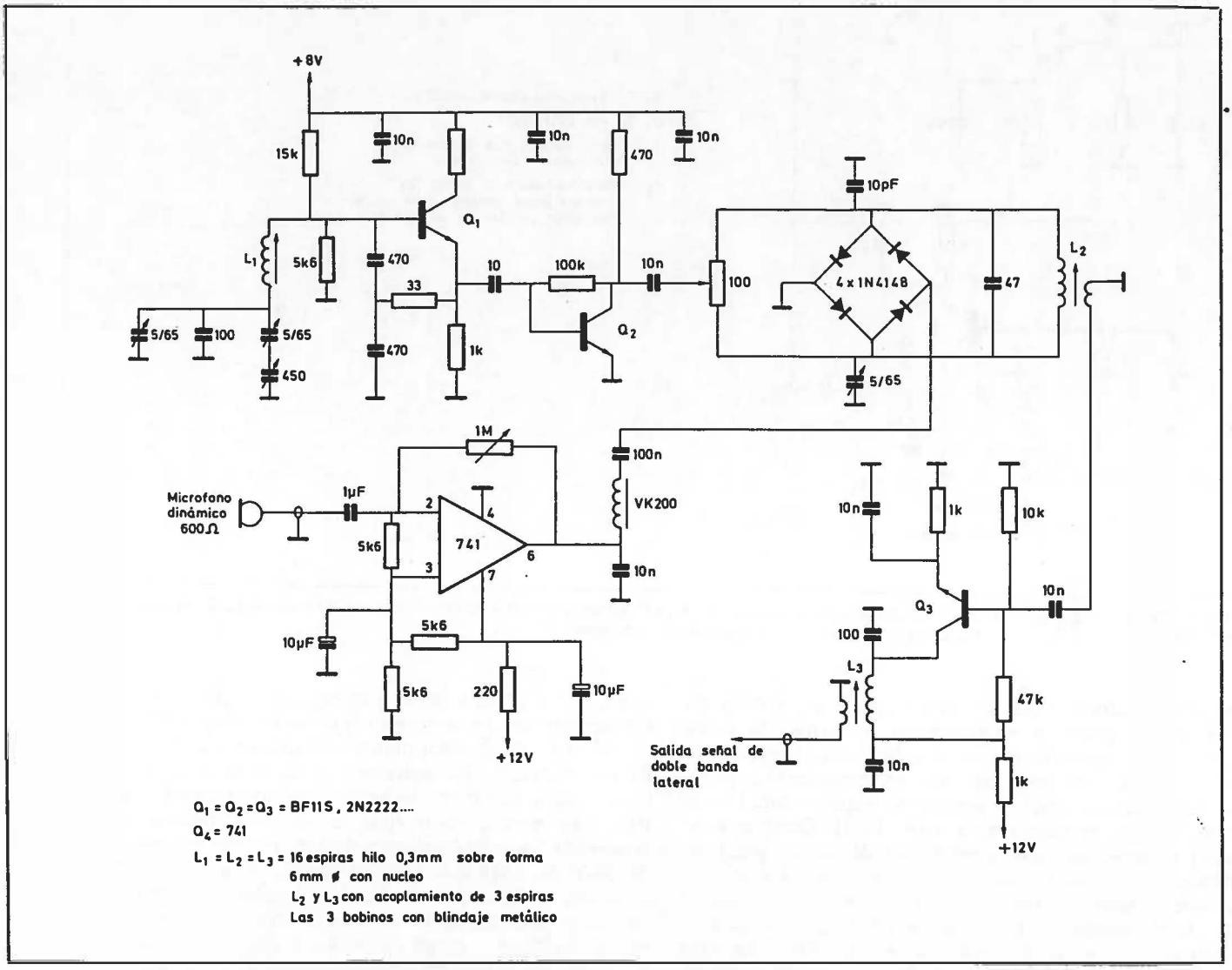



Figura 16.19 Emisor simple de banda lateral. Este circuito permite con pocos componentes comprender lo que es la banda lateral, supresión de portadora, modulación en banda lateral o incluso emitir a cortas distancias. (Véase texto respecto a las limitaciones.)

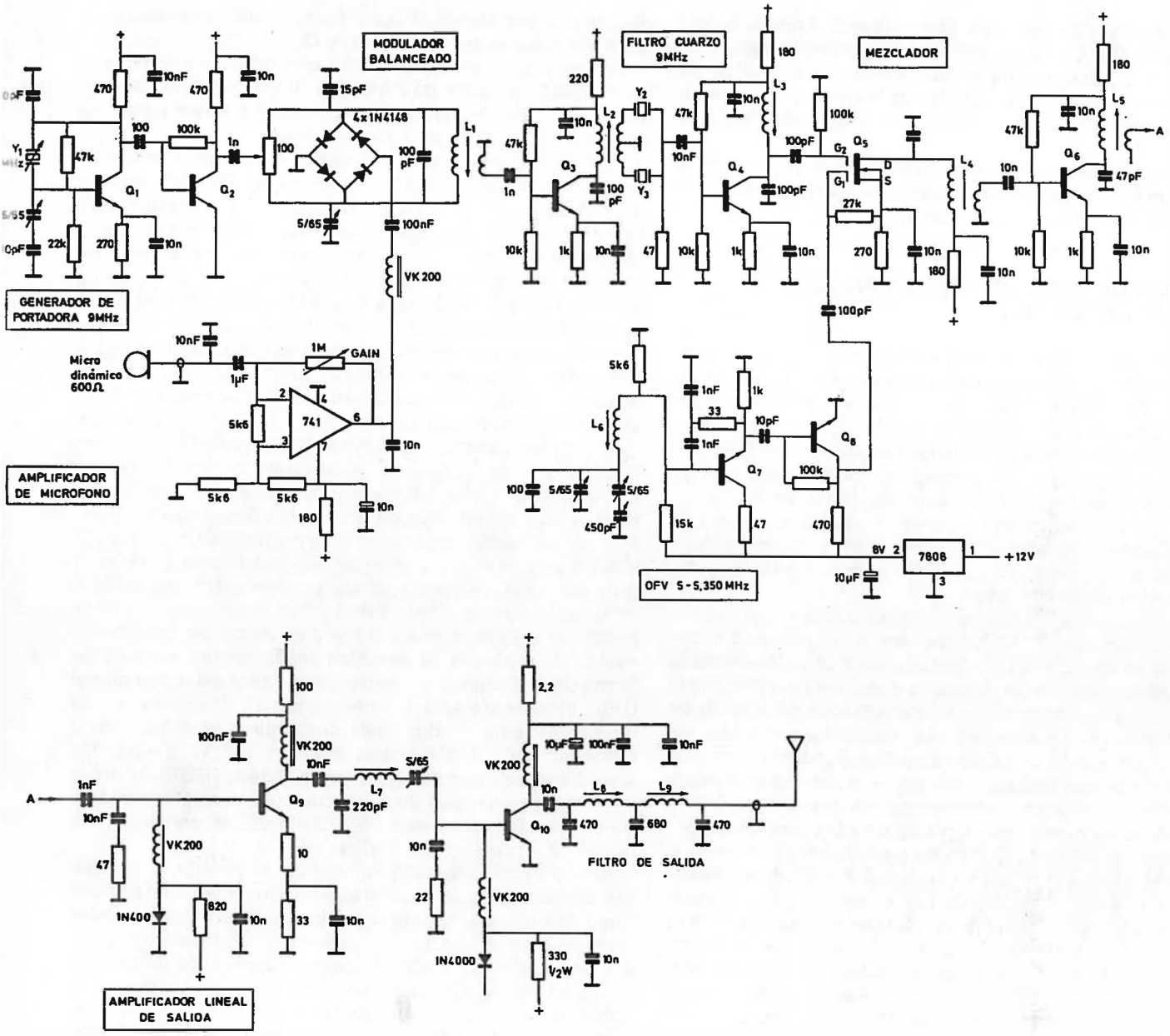



Figura 16.20 Emisor monobanda de banda lateral única. Todos los valores son para 14 MHz. Las bobinas $L_1$ a $L_7$ son de hilo 0,3 mm esmaltado sobre forma de 6 mm ∅ con núcleo de ferrita ajustable y con blindaje metálico; $L_1 = 13$ espiras y acoplamiento 3 espiras, $L_2 = 13$ espiras y acoplamiento 2+2 espiras, $L_3 = 13$ espiras, $L_4$ y $L_5 = 16$ espiras y acoplamiento 3 espiras, $L_6 = 35$ espiras y $L_7 = 16$ espiras. $L_8$ y $L_9 = 8$ espiras de hilo 0,6 mm esmaltado sobre forma de 8 mm ∅ con núcleo de ferrita ajustable y sin blindaje.

comprenderá por sí mismo cómo funciona la banda lateral y cómo se suprime la portadora, y asimismo podrá escucharse con cualquiera de los receptores hasta aquí descritos y otro receptor comercial. Si está en posesión del indicativo, podrá conectar este equipo directamente a la antena y realizar contactos con estaciones locales. Aunque la potencia de su emisor sea de tan sólo unos 10 mW quedará sorprendido de los controles y del alcance del equipo. Si sintoniza un receptor unos kilohercios por encima y por debajo de la frecuencia de emisión, observará que produce muchas frecuencias espurias, pero como la potencia RF emitida es sólo 10 milivatios, las demás estaciones no las acusarán. No debe intentarse amplificar más esta potencia para obtener mayores alcances para no causar serias interferencias. Observaremos también que si suprimimos la portadora en 14.100 kHz y luego movemos el oscilador variable pasando a 14.250 kHz, por ejemplo, se habrá desajustado la supresión de portadora y obtendremos una señal residual, que será preciso volver a ajustar moviendo el trimer y el potenciómetro de balance. Esto nos indica de que un modulador balanceado es sólo simétrico para una frecuencia, y que si ésta cambia, es preciso volver a simetrizar el circuito por medio de los ajustes de trimer y potenciómetro. Solventaremos este inconveniente trabajando con un generador de portadora a cristal de cuarzo, heterodinando después la señal de banda lateral con un oscilador variable, cuya frecuencia suma o diferencia es la frecuencia de trabajo.

Otro punto a considerar es que este emisor es de doble banda lateral. En efecto: si la frecuencia de audio es de 1 kilohercio y la frecuencia portadora es de 14.000 kHz, las frecuencias resultantes serán la suma y la diferencia y, por tanto, aparecerán las frecuencias de (14.000+1) kHz=14.001 kHz y de (14.000−1) kHz=13.999 kHz. Si

deseamos emitir en una sola banda lateral, llamada banda lateral única (SSB o BLU), deberemos suprimir la frecuencia superior o la inferior, para lo cual utilizaremos un filtro de cuarzo muy estrecho que, para la voz humana y de acuerdo con las normas técnicas de emisión en esta modalidad, será de 2 – 2,7 kHz.

Teniendo presente estas consideraciones pasaremos a realizar un equipo correcto de banda lateral única, con el que podremos realizar numerosos contactos.

## 16.9 EMISOR MONOBANDA DE BANDA LATERAL UNICA (BLU)

Se trata de un emisor de banda lateral completo que, correctamente ajustado, puede entregar unos 12 vatios de potencia de pico o cresta de envolvente de modulación (p.e.p.) en antena y que le permitirá establecer contactos en fonía a larga distancia. Si el lector ha seguido atentamente todo lo expuesto en el presente capítulo, verá que el esquema que se detalla en la figura 16.20 es la recopilación y adaptación de muchos circuitos ya detallados, y con ayuda de las tablas de valores constructivos para bobinas y condensadores podrá adaptar este emisor para otras bandas que no sean la de 20 metros.

Vayamos al análisis circuital. Encontramos un generador de portadora de 9 MHz que ataca a un modulador balanceado de anillo de diodos. El mismo es desbalanceado por la modulación de voz, lo que se consigue amplificando la señal de un micrófono dinámico de 600 ohmios, a través de un amplificador operacional 741, haciéndose el ajuste de ganancia de micro (Mic Gain) a través del potenciómetro de 1 megohmio; éste debe ser del tipo de ajuste, no de mando, pues una vez ajustado, no requiere ulterior regulación. La señal de doble banda lateral es amplificada y luego pasa por un filtro de cuarzo de 2,7 kHz. Este puede ser casero, o bien puede emplearse un filtro comercial XF-9A, para cuyos detalles pueden consultarse los esquemas del receptor superheterodino. La señal de banda lateral única obtenida es mezclada en el MOSFET $Q_5$ con la señal del oscilador variable de 5 a 5,350 MHz obteniéndose así la señal BLU emitida de 14 a 14,350 MHz. Esta señal es pequeña y deberá ser amplificada hasta conseguir los 12 W p.e.p. para atacar la antena, lo cual se consigue mediante los pasos $Q_6$-$Q_7$ y $Q_8$, que forman el amplificador lineal de salida.

Obsérvese que, por su polarización, todos los transistores que amplifican banda lateral, $Q_3$, $Q_4$, $Q_6$, $Q_9$ y $Q_{10}$, trabajan en clase A y proveen amplificación lineal. La polarización se obtiene de $Q_3$, $Q_4$ y $Q_6$ por simples divisores de tensión. Para los transistores $Q_9$ y $Q_{10}$ se ha previsto un diodo en conducción directa. Como estos dos pasos finales son de alguna potencia, la tensión de polarización de un divisor resistivo variaría con la carga o modulación, mientras que los diodos polarizados a través de una resistencia de bajo valor ofrecen una tensión estable de 0,6 V aproximadamente. La bobina $L_7$ y el trimer asociado de 5/65 pF están en resonancia serie, trabajando con corriente. Pero en el punto de unión del trimer y la bobina, la tensión de RF es muy elevada, pudiendo fácilmente llegar a 100 V, por lo que el trimer debe ser de calidad, del tipo con separador plástico (poliéster).

Para construir el emisor es recomendable utilizar pequeñas pletinas de las cuales, por ejemplo, la primera contenga el generador de portadora, el modulador balanceado y el amplificador de micrófono. La segunda pletina podría contener el filtro de cuarzo y sus amplificadores asociados así como el mezclador, es decir, los circuitos correspondientes a los transistores $Q_3$, $Q_4$, $Q_5$ y $Q_6$.

En otra pletina se puede montar una cajita metálica con el condensador variable de sintonía y, finalmente, una pletina puede contener los transistores excitador o driver y final de potencia con el filtro de paso de banda.

No se ha incluido en el esquema el circuito auxiliar de conmutación de emisión a recepción. Bastará que el micrófono disponga de un interruptor PTT (empujar para hablar o sea «Push to talk») que accione un relé con varios contactos inversores, uno para conmutar la antena de emisión a recepción, otro para entregar 12 V a todos los pasos excepto al OFV y $Q_9$ y $Q_{10}$, a los cuales en emisión se les aplicarán 12 V de polarización a los diodos a través de sus correspondientes resistencias, mientras que los colectores, a través de los choques se aplicarán directamente a 12 V todo el tiempo. De esta forma, estando el OFV conectado, se logra una mayor estabilidad de frecuencia, y por no tener que conmutar los colectores de los dos pasos finales se consigue que la corriente que pase a través de los contactos del relé sea pequeña. Los ajustes a realizar serían: alineación del filtro de cuarzo con señal de portadora y ligero desequilibrado del modulador balanceado para obtener una pequeña señal que permita ajustar todos los pasos para la máxima señal de salida. Algunos pasos, cuando están ajustados a máxima señal, pueden autooscilar y en este caso es preferible un pequeño desajuste para evitar las autooscilaciones. Los ajustes se efectúan mediante los núcleos de ferrita de las bobinas. Un ajuste previo es el del recorrido del OFV. Finalmente se irá aumentando el desequilibrio del modulador balanceado, hasta conseguir que el paso final entregue unos 5 o 6 vatios eficaces (12 W p.e.p.). Un medidor de relación de ondas estacionarias (ROE) de doble instrumento con tabla de potencia y una pequeña carga de 50 ohmios (4 resistencias de 220 ohmios en paralelo, cada uno de 2 W) puede servir al efecto.

Si la potencia obtenida en la salida es pequeña, observar los núcleos de las bobinas; si alguno está sacado del todo, es que a la bobina le sobran espiras; si en otros está el núcleo completamente introducido, es posible que le falten espiras. A continuación se suprime la portadora, para lo cual se actúa sobre el trimer y el potenciómetro del modulador balanceado hasta conseguir que en un receptor cercano desaparezca el tono de batido producido por la portadora. Se pueden conseguir unos 50 dB de supresión de portadora. Ahora se habla por el micrófono y se ajusta el potenciómetro de 1 megohmio hasta obtener la máxima potencia sin distorsión.

Todas estas pruebas se harán con la carga artificial de 50 ohmios y no con la antena. Los ajustes y retoques del emisor pueden requerir bastante tiempo hasta conseguir una señal de salida correcta.

Cuando se esté seguro de haber conseguido esto, procurar contactar con algún radioaficionado que resida a pocos kilómetros de nuestra estación y pedirle controles, especialmente de:

*a*) Limpieza de señal, ausencia de señales espurias en las proximidades del emisor.
Ausencia de señal armónica en las bandas múltiples; por ejemplo, si se trabaja en 14 MHz, el nivel de la señal armónica de 20 MHz que emitamos debe estar 60 dB por debajo el de nuestra señal fundamental.
Ancho de banda ocupada por la modulación.

*b*) Estabilidad de frecuencia. Si no es aceptable, envejecer el OFV, y si así no se consigue, cambiar por otros los condensadores del OFV y el transistor $Q_7$.

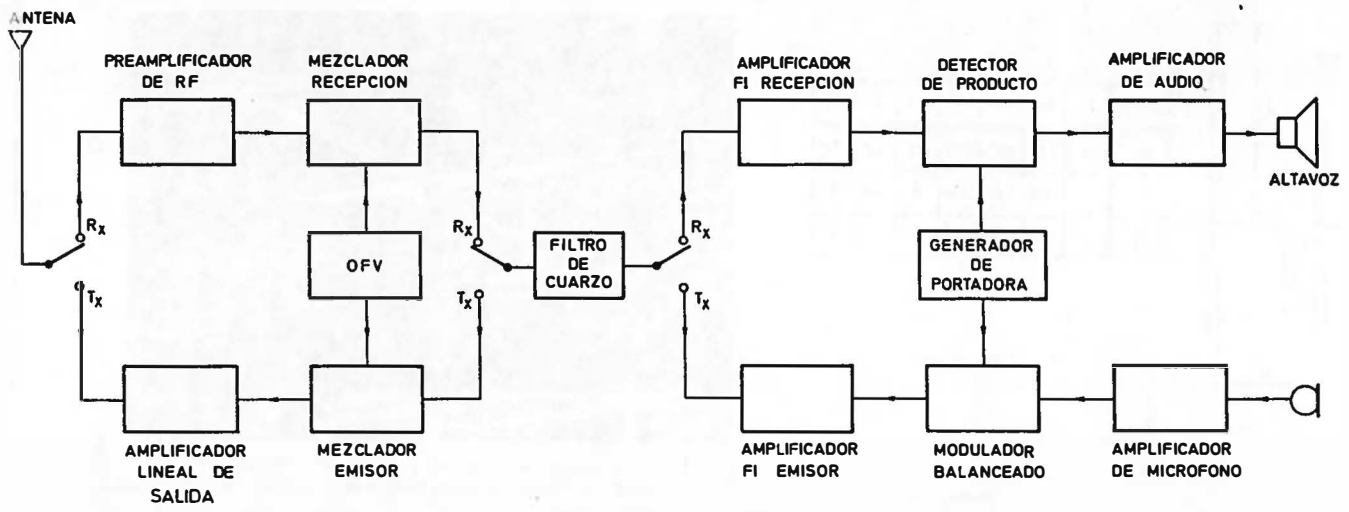



Figura 16.21 Diagrama de un transceptor de banda lateral única.

*c*) Calidad de modulación.

Supresión de banda lateral no deseada del orden de 40 dB para el filtro casero y de más de 50 dB para un filtro comercial. A veces la calidad de modulación incorrecta es debida a la cápsula del micrófono. Otras veces la calidad de modulación no puede mejorarse en banda lateral, cuando la voz del operador es muy grave o ronca. En este último caso no podrá obtenerse potencia apreciable de salida porque, como se dijo, la potencia en banda lateral es proporcional a la amplitud de la modulación de audio, y una voz grave o ronca dará una amplitud muy limitada; esto puede mejorarse algo con un preamplificador de voz y mejor aún con un procesador de voz.

Si obtuvimos 5 vatios con el modulador desbalanceado, ahora al hablar normalmente delante del micrófono y con buenos controles de nuestro corresponsal, veremos que el vatímetro oscila alrededor de 2 o 3 vatios. Esto es debido a que la potencia que mide un vatímetro sólo nos indica la potencia media instantánea y no los picos de potencia. Los picos de potencia o potencia p.e.p. sólo pueden medirse con un osciloscopio de radiofrecuencia.

Si en lugar de hablar normalmente, nos acercamos el micrófono a la boca y silbamos fuerte, podremos llegar a obtener una potencia media del 90 % de la que obtuvimos con el modulador balanceado. Todo esto es normal y nos muestra que el equipo ya está correcto y da la potencia adecuada.

Algunos principiantes creen que esto es anómalo y ajustan el equipo hasta conseguir 5 o 6 W del vatímetro, al hablar normalmente. Cuando consiguen esto, el equipo está bastante desajustado, ya que posiblemente hay saturación en varios pasos y la calidad de modulación y, lo que es peor, la limpieza de señal de emisión, dejan mucho que desear.

## 16.10 TRANSCEPTOR DE BANDA LATERAL

Si construimos un emisor de banda lateral y un receptor también de banda lateral, ambos para trabajar conjuntamente, veríamos que diversos circuitos quedarían repetidos. Por ejemplo, la fuente de alimentación podría ser la misma, serviría el mismo OFV, el filtro de cuarzo y también el generador de portadora. Además, para emitir exactamente donde debemos recibir, si lo hacemos con equipos separados, la mayor dificultad estribaría en la sintonía común de ambos equipos. Durante los años de transición entre la amplitud modulada y la banda lateral resultaba muy engorroso alinear los dos osciladores variables, uno de emisión y otro de recepción, ya que se hacía por «batido cero». Si se desplazaba unos kilohercios el receptor en busca de otro corresponsal, hacía falta volver a resintonizar el emisor. Los equipos comerciales con emisores y receptores separados daban opción a que ambos equipos trabajasen con el mismo oscilador para evitar la pérdida de tiempo en sintonizar los dos equipos por separado. La figura 16.21 es el esquema de bloques de un transceptor de banda lateral.

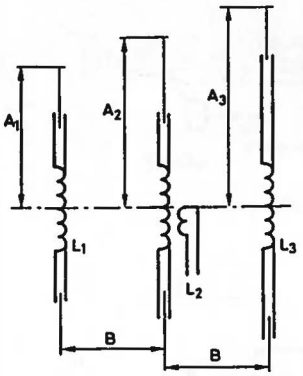
Para pasar de emisión a recepción bastaría dar tensión a los bloques superiores para que funcione el receptor, y a los inferiores para que funcione el emisor, mientras que el OFV y el generador de portadora trabajarían constantemente. Por relés o conmutación electrónica debería conmutarse el filtro de cuarzo que es común. Veríamos que variando los valores de bobinas y del OFV podríamos desarrollar un transceptor multibanda, si bien una de las complicaciones sería la de conmutación de bandas, según se vio al tratar del receptor multibanda, por lo que omitimos la circuitería correspondiente.

## 16.11 ANTENAS. GENERALIDADES

Una antena efectiva no tiene por qué ser costosa. Un simple dipolo de media onda, en horizontal o uve invertida, puede dar resultados satisfactorios. Un balun de simetrización puede ser recomendable, pero no imprescindible. Un dipolo horizontal de media onda da 75 ohmios, por lo que puede ser alimentado con cable coaxial normal de TV para pequeñas potencias, como es nuestro caso.

Si el dipolo se monta en uve invertida, presentará una impedancia de unos 50 ohmios y podrá alimentarse con cable coaxial de 50 ohmios tal como el RG58U. Es importante reducir las ondas estacionarias al mínimo, lo que se consigue cortando el dipolo algo más largo de media onda, y luego acortándolo paulatinamente hasta reducir al mínimo las ondas estacionarias. Pequeñas desadaptaciones de impedancia no producen un aumento de ROE.

En caso de desear emitir en más de una banda pueden montarse dos dipolos (o más) en uve invertida a partir del mismo coaxial de bajada, de modo que un dipolo resuena en




| BANDA | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | B | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 3 | 3,10 | 3,20 | 1,25 | 23 | 22 | 21 |
| 15 | 3 | 3,05 | 3,10 | 0,95 | 5 | 4,5 | 4 |
| 10 | 2 | 2,03 | 2,06 | 1,25 | 5 | 4,5 | 4 |

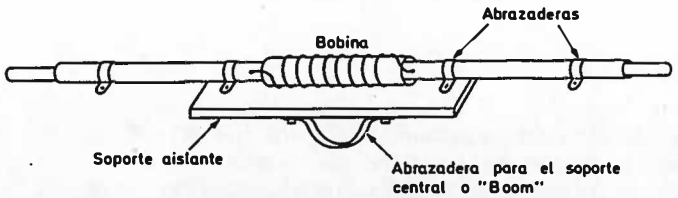



Figura 16.22*a* Datos constructivos para una antena directiva monobanda. A y B en metros. $L_1$, $L_2$ y $L_3$ de hilo de cobre esmaltado 1 mm sobre tubo de plástico 50 mm Ø. En $L_2$ hay un acoplamiento de 2 espiras centradas y conectadas al cable coaxial de 50Ω de bajada. No se requiere «balun».

la frecuencia deseada y el otro permanezca pasivo. A los radioaficionados que proyienen de la banda ciudadana y tengan una antena vertical de media onda real, es decir un tubo radiante de unos 5,5 metros de longitud, les bastará acortar la antena a unos 5 metros y colocar radiales en el extremo superior del mástil, de unos 5 metros de longitud; de esta forma podrán trabajar en 28 MHz con antena vertical de media onda, y en 14 MHz, con antena vertical de 1/4 de onda. Finalmente, para quien desee montar una antena directiva monobanda de alta ganancia, damos algunos detalles constructivos.

## 16.12 ANTENA DIRECTIVA DE 3 ELEMENTOS MONOBANDA

Es muy simple, ya que consta de 3 elementos con bobina central. El elemento medio o radiante lleva un acoplamiento en la bobina, de forma que la señal se simetriza sin necesidad de balun. El dimensionado se da en la tabla de la figura 16.22*a*. El espaciado entre elementos es la longitud B y las longitudes $A_1$, $A_2$, y $A_3$ corresponden respectivamente a los elementos director, radiador y reflector.

Se ajustará para la mínima ROE alargando o acortando los brazos, para lo cual se ha previsto que éstos sean telescópicos y bastará aflojar las abrazaderas, estirar o introducir el extremo y volver a apretar. El soporte aislante puede ser de metacrilato, pero como su mecanizado puede ser trabajoso puede utilizarse en su lugar madera normal, y una vez mecanizada, se la barnizará o recubrirá de resina epóxica, para que, además de no deteriorarse por estar a la intemperie, no se vuelva conductora debido a la humedad y el agua de lluvia.

Naturalmente, una antena directiva puede ser dirigida a mano o movida por un rotor eléctrico. Siempre que sea posible, es preferible hacerlo manualmente. Por ejemplo, en un chalet de propiedad es mejor atravesar el tejado con el

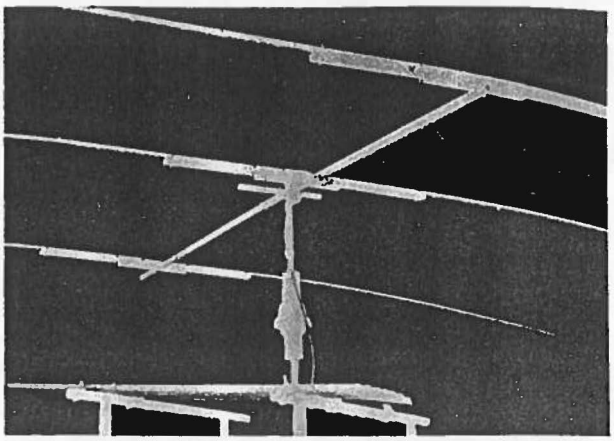


Figura 16.22*b* Aspecto de la antena directiva de construcción casera. Se pueden apreciar los soportes aislantes hechos de madera tratada. En el mástil se ha colocado un rotor.

mástil, o si está alejado, con un cable y polea, etc. Desgraciadamente, quienes habitan en un piso bajo sobre el que hay bastantes pisos, no tienen otro recurso que instalar un rotor.

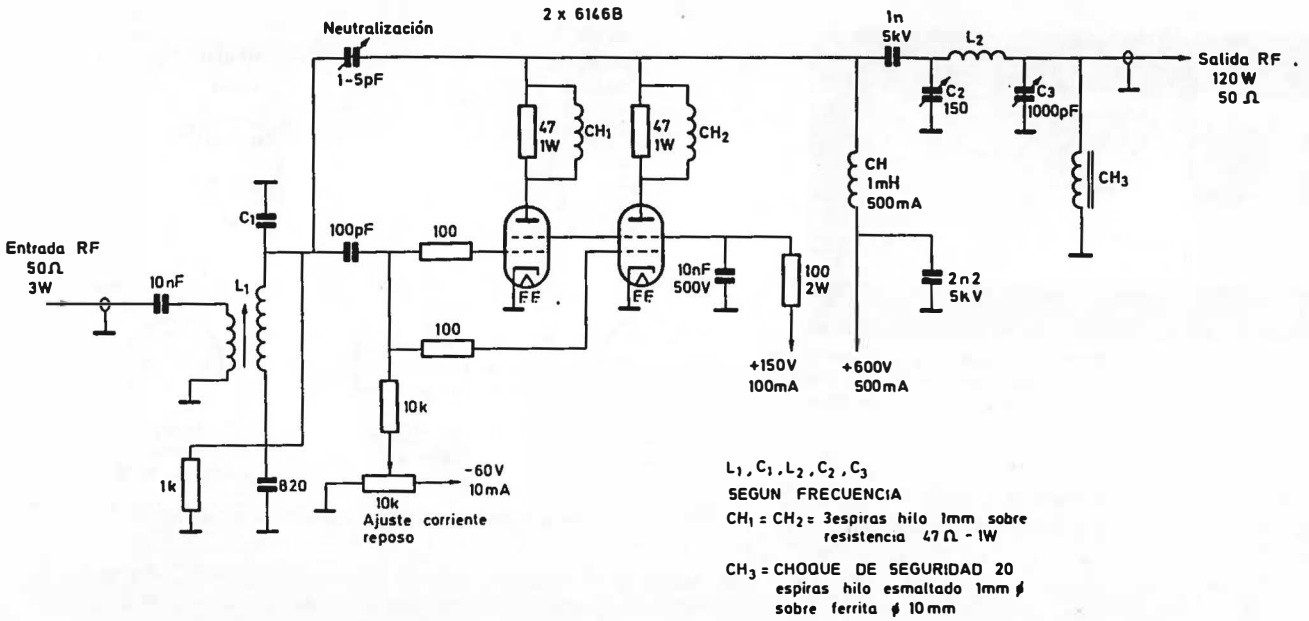
Para esta antena de dimensiones reducidas puede instalarse un rotor CD45 de la firma Cornier Dublier de USA, cuyo precio es alto, pero ofrece seguridad durante años. Puede servir un rotor como el AR22, apto para antenas de TV, cuyo precio es la mitad del anterior, pero si hay vientos fuertes puede romperse.

## 16.13 POTENCIA EN LAS EMISIONES DE RADIOAFICIONADO

Es muy importante que el radioaficionado principiante asimile claramente que no son necesarias grandes potencias para realizar contactos a muy grandes distancias. Esto es evidente especialmente cuando la propagación es favorable. Y también está comprobado que, cuando no hay propagación, por más potencia de que se disponga no es posible realizar contactos a casi ninguna distancia. Es interesante saber que muchos radioaficionados conocedores de esto emiten con equipos de muy baja potencia, inferior a 5 W (los llamados equipos QRP). En telegrafía se han logrado contactos con el Japón desde España con sólo 10 mW, es decir con un simple oscilador.

Veamos también qué es lo que produce un aumento de potencia: la escala de un medidor «S» viene graduada al principio con 0 a 9 divisiones de 6 dB, a partir de la 9 las divisiones son de 10, 20, 30 y 40 dB y algunas escalas llegan hasta 60 dB. Si emitimos con 10 W y un corresponsal nos escucha con un 6 en el medidor «S», al aumentar la potencia a 160 W, es decir, 16 veces, la señal aumentaría 12 dB, es decir 2 unidades del medidor «S», y por tanto nos pasaría un «raport» de 8. ¿Realmente vale la pena aumentar 16 veces la potencia para subir sólo 2 unidades? En un equipo de 10 W que absorbe unos 3 A, pasar a 160 W puede representar una intensidad de 20 A si el equipo se alimenta a 12 V. Pero esto se hace más patente si transmitimos con 100 W y deseamos aumentar la señal para nuestro corresponsal sólo 2 unidades. Harán falta 1.600 W, lo que implicaría utilizar un amplificador lineal de potencia de entrada de unos 3,2 kW, que muchas Administraciones no permiten.

Para quienes posean un emisor de pocos vatios y, a pesar de estas consideraciones, deseen aumentar moderadamente




gura 16.23 Amplificador lineal con válvulas 6.146B

potencia, detallamos dos tipos de amplificadores lineales e alto rendimiento y bajo costo.

## 6.14 AMPLIFICADOR LINEAL CON 'ALVULAS 6.146B

Utilizando dos válvulas 6.146B en paralelo es posible mplificar la potencia unas 40 veces (figura 16.23). La otencia de entrada recomendable es de unos 3 W, y la alida sin saturación será de 120 W eficaces. Para su máximo endimiento, la entrada debe estar sintonizada a la frecuenia de trabajo por $L_1 - C_1$. La salida por filtro en «pi» permite daptar la impedancia en un margen muy amplio, desde 30 hmios a 200 o más, según los valores de $L_2 - C_2$ y $C_3$. El squema corresponde a una sola banda.

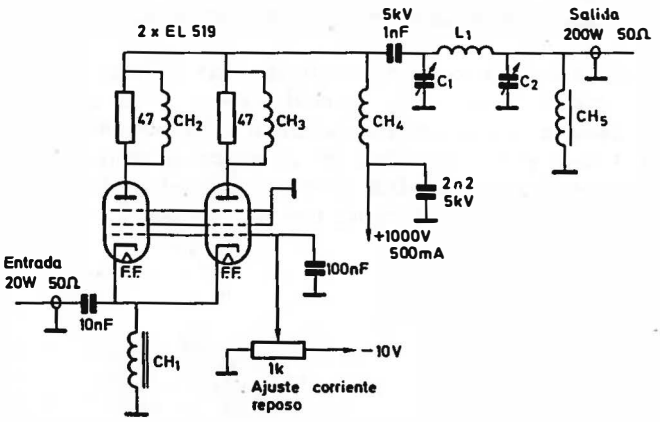
Para más bandas sería preciso disponer de bobinas nchufables, o bien proveer un conmutador con todo el uego de bobinas.

El potenciómetro indicado como BIAS sirve para ajustar la corriente de reposo a un total de 60 mA, es decir 30 mA por válvula. El trimer de 1-5 pF sirve para neutralizar, y debe estar lo más abierto posible sin que se produzcan autooscilaciones. Cuanto más abierto esté, más potencia se obtendrá. Este trimer produce realimentación negativa.

No se detalla fuente de alimentación, que debe proveer la tensión de filamentos y una tensión de 600 V 500 mA para placas, y unos 150 V 100 mA para la rejilla pantalla. Esta tensión de 150 V puede estabilizarse con válvulas de gas frío, como las 0A2. También es preciso proveer un relé que conmute la entrada y la salida, para conectar directamente la antena al receptor en recepción, y aplicar las tensiones de 150 y 600 V en emisión.

## 16.15 AMPLIFICADOR LINEAL DE REJILLA A MASA CON VALVULAS EL519

Estas válvulas son muy económicas, ya que son de barrido de televisión, en color. El esquema de la figura 16.24*a* muestra un amplificador con un par de estas válvulas, capaces de entregar un cuarto de kilovatio con unos 25 W de excitación. Con 4 válvulas se consigue medio kilovatio de salida o, como normalmente se dice, un kilovatio de entrada. Hay que poner mucha atención con la alta tensión de 1.000 V, ya que puede ser mortal. Este amplificador lineal no requiere neutralización. El circuito es muy simple. Hay que proveer el transformador adecuado para filamentos, alta tensión, y tensión negativa de polarización. Esta debe ajustarse para que la corriente de reposo sea de unos 10 mA por válvula. Si se montan 4 válvulas de este tipo, el transformador ha de ser capaz de entregar 1.000 V a un amperio y resulta bastante voluminoso. También es recomendable proveer un ventilador que dirija aire a las válvulas para su refrigeración, pues la potencia disipada alcanza valores elevados. Insistimos en el peligro que entrañan los amplificadores de alta tensión, y en que el principiante que aborde estos montajes lo haga con precaución y conocimiento de causa, ya que las dos causas más frecuentes de accidente e incluso de muerte de un radioaficionado son




CH1 = CH5 = 20espiras hilo 1mm esmaltado
sobre ferrita 10mm ϕ
CH2 = CH3 = 3espiras hilo 1mm sobre
resistencia 47Ω 1W
CH4 = Choque 1mH 500mA

Figura 16.24*a* Amplificador lineal con rejilla a masa con válvulas EL519

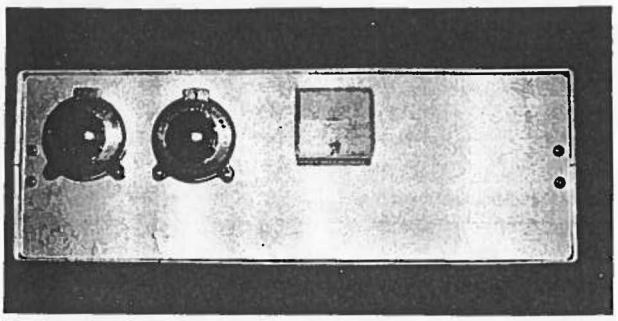


Figura 16.24*b* Fotografía de un amplificador lineal con rejilla a masa. Dos mandos con vernier actúan sobre los condensadores variables de placa y carga. El instrumento es de 0 a 500 mA. Es posible conseguir elevadas potencias a bajo costo.

caída de azoteas al instalar una antena, y electrocución por operar sin precauciones en amplificadores o circuitos con alta tensión.

## 16.16 EQUIPOS COMERCIALES UTILES PARA EL RADIOAFICIONADO PRINCIPIANTE

*HW8 de Heathkit.* Transceptor de telegrafía para 80-40-20 y 15 metros. Potencia de salida 2 W. Con monitor incorporado.

Recepción de conversión directa. Suministrado en kit.

*HW101 de Heathkit.* Transceptor de telegrafía y banda lateral. Potencia de salida 120 W. Totalmente a válvulas. Con fuente de alimentación separada. Suministrado en kit.

*SB-104 de Heathkit.* Transceptor transistorizado. Digital, para telegrafía y banda lateral. Multibanda como el anterior para 80-40-20-15 y 10 metros. 100 W de salida. Suministrado en kit.

*TS-130 de Kenwood.* Transceptor en dos versiones: 25 y 100 W de salida. Digital, para telegrafía y banda lateral. Multibanda, incorporando las nuevas bandas. El modelo de 25 W es más económico y requiere una pequeña fuente de alimentación de unos 5 A.

*TEN-TEC Argonaut* modelo 509 y 515. Potencia 5 W, telegrafía y banda lateral. No es digital. Consumo de sólo un amperio en transmisión. Es realmente uno de los transceptores más económicos del mercado. Multibanda, pero sin bandas nuevas, es decir abarca 80-40-20-15 y 10 metros.

Muchos otros equipos comerciales pueden ser útiles para el radioaficionado principiante, el cual deberá tener en cuenta si desea el equipo para estación móvil o fija, potencia media o reducida y sus posibilidades de compra, ya que existen equipos de más de 5.000 dólares como el Drake-Rockwell susceptibles de conectarse con un computador y

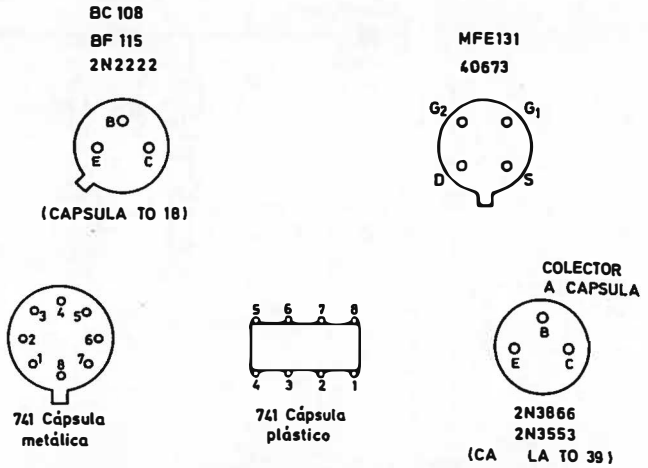



Figura 16.25 Cápsulas de algunos componentes vistas por debajo.

equipos de precio más módico como el TEN-TEC Argonaut citado, cuyo precio es del orden de 500 dólares; entre estos extremos hay toda una serie de posibilidades y prestaciones. (NOTA. Los precios citados en todo el texto son precios aproximados en 1982 para España, e incluyen aranceles, e impuestos en vigor).

## 16.17 COMPONENTES

Los componentes utilizados en los circuitos detallados en el presente capítulo, son muy comunes en Europa. Para quien tenga dificultad en encontrarlos, podrá utilizar equivalencias o similares. Los transistores utilizados son todos de silicio del tipo NPN. Los BF115, 2N2222 son transistores de cápsula pequeña, con disipación de 300 mW, frecuencia de corte 100 MHz y utilizables para señales de RF pequeñas.

Los transistores 2N3866, 2N3553 son para señal de RF de alguna potencia, utilizados en emisión. Transistores de RF de cápsula media y potencia de 2 a 4 vatios, pueden sustituirlos.

BD135-BD226: transistores para conmutación de corriente continua. Valdrá cualquier transistor capaz de conmutar corrientes de 1 amperio. El BD226 se utiliza en RF por su bajo coste, cuando se utiliza en RF puede ser sustituido por el 2N3866 o transistor de RF de 2 o 3 W.

8C108: este transistor puede sustituirse por cualquier transistor de elevada ganancia y pequeña señal de audio. La sustitución no es crítica, y según el componente sustituido, puede obtenerse incluso mejores características, mejor sensibilidad, más potencia, etc.; por lo que no deja de ser un punto de interés a la experimentación.

# la radioafición en Iberoamérica 17

## certificados de los países iberoamericanos a los que se puede optar

*Esteban Bosch*

### ARGENTINA

**«101».** Se otorga al radioaficionado argentino o extranjero, titular de estación, que compruebe haber comunicado con 101 países distintos.

Este certificado podrá ser actualizado con el envío de las QSL correspondientes a nuevos países comunicados, los que serán devueltos con una oblea para ser adherida al mismo. Se otorgarán certificados por separado para CW y fonía.

Los QSO deberán haber sido efectuados en bandas de frecuencias autorizadas para radioaficionados y ser posteriores al 20 de noviembre de 1945. Además, deberá remitirse lista completa (certificada por alguna autoridad del club al que pertenece el solicitante) de países comunicados, especificando fecha y tipo de emisión. Los LU deberán remitir las QSL. Más informes al Radio Club Argentino, Carlos Calvo 1224, Capital Federal, Argentina.

**«CA» (Certificado Argentino).** Destinado a aficionados extranjeros, con licencia debidamente reconocida, que comprueben haber realizado QSO con 100 estaciones LU como mínimo. Podrán utilizarse todas las bandas de frecuencias autorizadas para radioaficionados, en CW o fonía. También será indispensable la remisión de lista completa al RCA, Carlos Calvo 1224, Capital Federal, Argentina, que es quien otorga el certificado, avalada y los comunicados deberán ser posteriores al 20 de noviembre de 1945.

**«CAA» (Certificado Antártico Argentino).** Se otorga al titular de estación, oficialmente reconocida, que compruebe QSO con tres bases LU-Z, instalada en la Antártida Argentina. Los aficionados LU deberán certificar tres contactos como mínimo.

Para los comunicados podrán ser utilizadas todas las bandas reconocidas, efectuados en CW o fonía y remitirse al certificado para información sobre forma de envío de listas. Los QSO deberán ser posteriores al 20 de noviembre de 1945. Lo otorga el RCA, Carlos Calvo 1224, Capital Federal, Argentina.

**«CCC» (Cinco Continentes Comunicados).** Ganará este certificado todo radioaficionado LU (socio del Radio Club Argentino) y del exterior, que compruebe haber comunicado con los cinco continentes: América, Africa, Asia, Europa y Oceanía. Con respecto a América, la estación corresponsal debe hallarse al norte del Ecuador si el QTH del solicitante del certificado se encuentra al sur del mismo y viceversa.

Se otorgan certificados separadamente para A1 y A3. Los QSO deberán realizarse en dos bandas de frecuencia; vale decir 10 QSO y las condiciones para remisión de listas de países comunicados son las mismas que rigen para el certificado «101», valiendo los comunicados efectuados posteriormente al 20 de noviembre de 1945. Información complementaria en el RCA, Carlos Calvo 1224, Capital Federal, Argentina.

**«CCC» laureado.** Iguales condiciones que para el CCC anterior, pero trabajando en cuatro bandas diferentes.

**«CEMA» (Estaciones Móviles Argentinas).** Para ser otorgado a todo aficionado argentino o del exterior, titular de estación oficialmente reconocida, que compruebe haber comunicado con un mínimo de 25 estaciones móviles. Pueden utilizarse todas las bandas de frecuencias autorizadas en CW o fonía.

Serán válidos los QSO efectuados con móviles terrestres en circulación.

Es indispensable la remisión de la lista completa, certificada por alguna autoridad del club al que pertenece el solicitante, para obtener el certificado y se advierte que los comunicados deberán ser posteriores al 20 de noviembre de 1945. Informes en el RCA.

**«Certificado Permanente** Radio Club **3 de Febrero».** Otorgable a estaciones de Capital Federal y Partido de 3 de febrero, que logren comunicar con 15 estaciones asociadas al club organizador; para estaciones de la Provincia de Buenos Aires (excepto Partido de 3 de Febrero) 10 y para estaciones del resto del país y exterior 5 estaciones.

Organiza Radio Club 3 de Febrero, Sabattini 331, Caseros, Provincia de Buenos Aires, Rep. Argentina.

**«Certificado Sureño» (permanente).** Lo otorga el Radio Club Bahía Blanca en cantidad que se detalla: Argentina, 15; Chile y Uruguay, 10. Los aficionados de otros países deberán acreditar haberlo hecho con solamente 5 aficionados. Los comunicados con una misma estación, realizados en distintas bandas, se computarán con un punto para cada banda utilizada. Informes al club organizador, Casilla de Correo 317, Bahía Blanca, Argentina.

**«CM» (Certificado Mendoza).** Lo otorga el «Cuyo Radio Club» a aficionados argentinos (no de Mendoza) y a los del resto del mundo que comuniquen con estaciones fijas de radioaficionados mendocinos, según este detalle: con 2 estaciones en la banda de 144 MHz; con 6 estaciones en 50 MHz; con 10 en 28 MHz; con 15 en 21 MHz; con 20 en 14 MHz; con 40 en 7 MHz y con 40 en 3,5 MHz. Otros certificados que otorga el CRC son: el Premio Mendoza al DX a todo aficionado que compruebe haber comunicado con 150 países y el Premio a la Experimentación en SHF

(FUE), a todo radioaficionado que certifique QSO con más de 2 países en 144 MHz o frecuencias más altas y con más de 11 países en 50 MHz. Lo otorga el «Cuyo Radio Club», Casilla de Correo 232, Mendoza, Argentina.

**«CRP» (Certificado Río de la Plata).** Lo otorga el Radio Club Río de la Plata. Lib. Gral. S. Martín 2362, Olivos, Argentina, al radioaficionado que comunique con 25 estaciones pertenecientes a asociados del club, siendo indispensable el mencionado número de QSO con una comunicación bilateral realizada, por lo menos, con una de las estaciones pertenecientes a la entidad: LU 5 DA.

**«Delta Radio Club».** Se otorga a quien presenta prueba (25 QSL), de haber efectuado QSO con 24 socios del Delta Radio Club, Casilla de Correo 1, Victoria, Argentina, y uno con la estación de ese club LU 5 DRC, desde el 25 de mayo de 1959. Remitir las QSL a Guido Spano 1291, Victoria, Provincia de Buenos Aires.

Se proporciona la nómina de socios del Delta Radio Club para su identificación: LU 1 DBK, DCN, DFD, DGK, DHR, DHT, DHV, DLM, DOW, DRC,DVK, DVL, DVZ, DZX, EW, IN, ZX—LU 3 ACA, DAB, DBA, DDU, DLA, DMA, DMG, DVN, EAW,—LU 4 CW, DAK, DAL, DFD, DGP, DGZ, DJ, DX, DZL, ER,—LU 5 DAA, DAK, DOW, DFP, DHP, DIE, DJO, DJZ, DN, DVJ, DVO, EO, EW,—LU 6 DAV, DAX, DD, DEG, DEX, DFG, DGO, DJX, DLC, DMG, DMJ, DOK, DOR, DRC, DVC, DVR, ED, EGL, EW,—LU 7 DCO, DEK, DEN, DEX, DFC, DH, DI, DIM, DIN, DJZ, DMB, DRA, DRC,—LU 8 DAL, DGB, DBX, DCO, DDZ, DF, DFW, DJT, DJZ, DKX, DRC, DVK, DX, DZD, EX—LU 9 DAQ, DCE, DCM, DDC, DF, DII, DIN, DKH, DL, DRC, DVF, DVK, EW, ZF—LU 0 DC, DFC, DH, DJ, DX, EAB.

**«Malvinas».** Lo otorga el Radio Club Pergamino, C. Correo 72, Pergamino, Prov. Buenos Aires, Rep. Argentina, a aficionados argentinos o extranjeros, que acrediten haber mantenido contacto con 24 estaciones argentinas con las que se pueda formar, utilizando la primera letra después del prefijo, la frase «Las Malvinas son Argentinas». Certificados a partir del 9 de julio de 1966.

**«Malvinas X».** Lo otorga el Radio Club Pergamino a aficionados argentinos o extranjeros que comprueben haber mantenido contacto con 24 estaciones extranjeras (no de Argentina ni del país del solicitante) con las que se pueda formar, utilizando la primera letra después del prefijo, la frase: «Las Malvinas son Argentinas». Certificados a partir del 9 de julio de 1966. Enviar QSL o listas firmadas al club organizador: C. Correo 72, Pergamino, Prov. Buenos Aires, Rep. Argentina.

**«Móviles/Marítimas».** Para todo aficionado del mundo, con características oficialmente reconocidas que comunique con 30 estaciones M/M, también oficialmente reconocidas. Podrán utilizarse todas las bandas de frecuencia autorizadas para el uso de radioaficionados, en forma separada o mezclada. Tendrá que utilizarse un solo modo de transmisión: 2 en SSB, CW, fonía o RTTY.

Los QSO serán válidos únicamente a partir del 26 de julio de 1963, fecha en que se conmemora la batalla naval de Los Pozos. Entre las 30 QSL deberán figurar cinco que pertenezcan a embarcaciones de bandera argentina. Las QSL serán remitidas por los LU al Radio Club Argentino. Los aficionados de otros países tendrán que remitir certificación firmada por autoridades del radio club al que pertenecen o por acta notarial. Los aficionados no socios o del exterior, deberán remitir, junto con la solicitud, cinco cupones IRC.

Los barcos deberán estar navegando, lo cual deberá constar en las QSL correspondientes.

A partir del 26 de julio de 1969, los aspirantes LU al certificado RAD, deberán también presentar este certificado, junto con todos los otros ya exigidos. Lo otorga el RCA, Carlos Calvo 1224, Capital Federal, Rep. Argentina.

**«Pergamino».** Otorgado por el Radio Club Pergamino, C. Correo 72, Pergamino, Prov. de Buenos Aires, Rep. Argentina, al aficionado argentino o extranjero que compruebe haber mantenido contacto con 9 estaciones de Pergamino, o su Partido, cuyos prefijos vayan de LU 1 a LU 9. En estos contactos debe estar incluido el de la estación LU 1 DNQ, estación del club organizador, pudiendo utilizarse (comodín) dicha señal en caso necesario. Comunicados a partir del 9 de julio de 1966. Enviar QSL o listas firmadas al club organizador, C. Correo 72, Pergamino, Prov. de Buenos Aires, Rep. Argentina.

**«RAD»** (Radio Aficionado y Distinguido). Unicamente reservado para aficionados argentinos, se otorga a solicitud del interesado, a todo aficionado argentino titular de estación oficialmente reconocida, que reúnan las siguientes condiciones:

1) *Básicas-antigüedad:* Ser titular de licencia LU durante los últimos cinco años anteriores a la petición y no haber merecido en ese período ninguna sanción por infracción al Reglamento de Radiocomunicaciones y resoluciones complementarias del mismo. Ser poseedor de los certificados CCC, TPA, TRA, CEMA, M/M, 101, RA. El CCC debe serlo por comunicados en CW y los demás en AM.

El interesado deberá transmitir en forma manual, recibir auditivamente sin erorres en radiotelegrafía, Morse a veinte palabras por minuto o en su defecto 10 palabras por minuto y poseer cualquiera de los siguientes idiomas: alemán, francés, inglés e italiano, con suficiente dominio que le permita desenvolverse con corrección en su actividad y, finalmente ser socio de algún radio club oficialmente reconocido.

2) *Optativas* (por lo menos cuatro de las siguientes): Haber colaborado en forma personal en algún radio club como integrante de C.D. o subcomisiones; haber efectuado publicaciones, o pronunciado conferencias sobre temas de interés general para radioaficionados; haber operado en ultrafrecuencia (144 MHz o mayores) presentando como testimonio 10 QSL; poseer y operar radioestación móvil presentando QSL de QSO efectuados; haber intervenido en concursos organizados por el Radio Club Argentino y merecido mención en su clasificación final; haber contribuido a la formación de un nuevo radioaficionado.

El interesado deberá presentar todos los testimonios que acrediten los méritos antes mencionados a la entidad que organiza y controla este certificado, el RCA.

Cuando se hayan otorgado más de 25 diplomas bajo estas condiciones, las aptitudes de los nuevos aspirantes deberán certificarse en lo que proceda, por tres titulares que hayan merecido esa distinción.

Como aclaración se establece que a efectos de testimoniar ser poseedor de certificados, según las condiciones básicas, la presentación de certificado (M/M) sólo será exigible a partir del 26 de julio de 1969 y el RA a partir del 10 de julio de 1971.

**«Radio club Jujuy» (permanente).** La entidad otorga a los aficionados que demuestren haber obtenido contacto con 10 estaciones de la provincia de Jujuy.

**«República Argentina».** Es indispensable formar estas dos palabras utilizando la primera letra inmediata al dígito, es decir, que deberán presentarse 18 QSL por banda.

Las condiciones que rigen para los aficionados de la zona 9, 10, 11, 12 y 13 son: trabajar en tres bandas, es decir, completar las dieciocho que forman las palabras «Repúbli-

a Argentina» en tres veces una por cada banda, cualquiera ue sea la utilizada; no se computarán como válidos QSO fectuados en dos y tres bandas con una misma estación; cha de iniciación 9 de julio de 1966; bandas a utilizar: ualquiera pero no mezcladas; modo operativo: CW o fonía y nalmente, remitirlas 54 QSL al Aeroclub Argentino.

Las condiciones para los aficionados de otras zonas del undo son: completar las letras en una sola banda; agregar iete bonos IRC con la solicitud, la que deberá ser avalada or dos autoridades del club al que pertenece.

Nota: a partir del 10 de julio de 1971 los aspirantes LU al ertificado «RAD», deberán presentarlo con todos los otros a exigidos.

**«TPA» (Todos los Países de América).** Para todo ficionado argentino o del exterior, titular de estación ficialmente reconocido, que acredite haber comunicado on las 21 repúblicas americanas y Canadá. Las condiciones ara remisión de listas, de países comunicados, son las nismas que rigen para el certificado «101». Los comunicados deberán ser posteriores al 20 de noviembre de 1945, nformación complementaria del RCA.

**«TPA» laureado.** Iguales condiciones para el TPA nterior pero trabajando en tres bandas diferentes.

Como caso excepcional y mientras no vuelva, HH al salir l aire, se aceptará 8R1.

**«TRA» (Toda la República Argentina).** Para todo ficionado argentino o extranjero, titular de estaciones debidamente reconocidas, que acredite haber comunicado con todas las divisiones políticas que correspondan a la República Argentina: LU1AA a LU9CZZ, Capital Federal; 1 DA a 9 EZZ, provincia de Buenos Aires; 1 FA a 9 FXX, Santa Fe; 1 GA a 9 GOZ, Chaco; 1 GP a 9 GZZ, Formosa; 1 HA a 9 HZZ, Córdoba; 1 IA a 9 IZZ, Misiones; 1 IA a 9 JZZ, Entre Ríos; 1 KA a 9 KZZ, Tucumán; 1 LA a 9 LZZ, Corrientes; 1 MA a 9 MZZ, Mendoza; 1 NA a 9 NZZ, Santiago del Estero; 1 OA a 9 OZZ, Salta; 1 PA a 9 PZZ, San Juan, 1 QA a 9 QZZ, San Luis; 1 RA a 9 RZZ, Catamarca; 1 SA a 9 SZZ, La Rioja; 1 TA a 9 TZZ, Jujuy; 1 UA a 9 UZZ, La Pampa; 1 VA a 9 VZZ, Río Negro; 1 WA a 9 WZZ, Chubut; 1 XA a 9 XOZ, Santa Cruz, 1 XP a 9 XZZ, Tierra del Fuego; 1 YA a 9 YZZ, Neuquen; 1 ZA a 9 ZZZ, Territorios Insulares y Antártida Argentina.

Los QSO podrán realizarse en las bandas autorizadas y en CW o fonía. Será indispensable la presentación de lista completa, certificar debidamente los QSO y deberán ser posteriores al 20 de noviembre de 1945.

Con cada solicitud de certificado deberán remitirse cinco cupones IRC; están exceptuados los LU socios del Radio Club Argentino que es quien otorga el certificado. Los LU no socios sólo deberán enviar un bono IRC.

**«TRA» laureado.** Iguales condiciones que para el TRA anterior pero trabajando en tres bandas diferentes.

Nota: Para los certificados «laureados», en ningún caso se computarán QSO efectuados en diferentes bandas con una misma estación. Los certificados TPA, TRA y CCC los otorga el RCA.

## BOLIVIA

**WACP Award.** Los otorga el Radio Club Boliviano, Casilla de Correo 2111, La Paz, Bolivia, a quienes acrediten haber mantenido contacto con 25 estaciones bolivianas, incluyendo por lo menos seis de sus provincias. Fecha de iniciación: agosto de 1951 y se advierte que es indispensable certificar debidamente los comunicados y enviar cinco cupones IRC para gastos de franqueo.

## BRASIL

**«c-20 S».** Será otorgado a los aficionados que presenten pruebas de haber obtenido QSO con estaciones PY3, de acuerdo a las siguientes condiciones: para las PY3, 100 contactos; para las PY1 y 2 (excepto Goias), PY5, CX, LU (excepto LUW, X, Y, Z), 75 QSL; PY4, 6, 7, 8 y 9 y el Estado de Goias, LUW, X, Y, Z y restos de países sudamericanos, 50 QSL. Para Centro, Norte de América y Africa, 30 QSL; para Europa, 20 y Asia e Islas del Pacífico solamente 10.

Podrán utilizarse todas las bandas y operar en CW o fonía. Señal mínima requerida R3. Fecha de iniciación, 19 de octubre de 1958. Mandar QSL o lista debidamente avalada para autoridades del radioclub al que pertenece y tres cupones IRC a: Casa Radio Amador Gaucho, P.O. Box 1119, Porto Alegre (R5), Brasil.

**Ciudad de Olinda.** A partir del 1 de enero de 1957. Se exigen para los PY3, PY5, PY9 cuatro contactos. Para los PY1, PY3, PY4, cinco QSL; a los PY6 y PY8, seis QSL y ocho para los PY7. Para los radioaficionados del resto del mundo solamente tres. Remitir lista avalada, junto con tres bonos IRC a Delegación Municipal LABRE, Avda. 10 de noviembre 93, Olinda, Pernambuco, Brasil, Los PY conectados deben, necesariamente, residir en la ciudad de Olinda.

**«CRGS» (Río Grande do Sur, Brasil).** La delegación de la LABRE de la 3.ª Región otorga este certificado a los aficionados que acrediten haber comunicado con todos los municipios del estado Río Grande do Sur. Podrá comunicarse en cualquier banda en fonía o CW, pero se extenderán por separado cada tipo de emisión. En las QSL tendrá que figurar una señal mínima de recepción R3 y las siglas CRGS. Los comunicados deben enviarse a Caixa Postal 2180, Porto Alegre, Brasil.

Es indispensable avalar la solicitud mediante certificación de autoridades del club al que se pertenece.

**WAA (Worked All America).** También organizado por LABRE para radioaficionados que acrediten haber obtenido QSO con un mínimo de 45 países del continente americano.

Iguales condiciones de certificación que en el anterior. Adjuntar 10 bonos IRC.

**WAB (Worked All Brasil).** La Liga dos Amadores Brasileiros de Radio Emissao (LABRE), otorga este certificado a los aficionados que comprueben QSO con los 20 estados brasileños y el distrito federal. Mandar solicitud debidamente avalada por autoridades del club al cual pertenece el solicitante, a Caixa Postal 2363, Río de Janeiro, Brasil.

**WAPY (Worked All PY).** La revista «Antenna», Caixa Postal 1131, Río de Janeiro, Brasil, otorga este certificado a todo radioaficionado que verifique QSO con los nueve distritos de Brasil, posteriores a noviembre de 1945. Se tendrá en cuenta únicamente los contactos efectuados desde la misma localidad, en cualquier banda de frecuencia y en CW o fonía. Será indispensable adjuntar tres bonos IRC para gastos de franqueo.

## CANADA

**«WA VE» (Worked ALL VEI).** Nortown, ARC P.O. Box 396, Adelaide St., Postal, Toronto, Canadá, otorga este

certificado por el hecho de comprobar, con lista avalada por algún radio club oficial, el comunicado con todas las provincias del Canadá, en dos bandas de onda y con estaciones diferentes. Se advierte que B, Columbia, North West Ter, y Yukon, cuentan por una sola provincia. Total 18 QSL. Remitir 8 bonos IRC.

## COLOMBIA

**«6N1 Award».** Es indispensable haber comunicado con seis socios de la institución en una sola banda, posteriormente al 20 de diciembre de 1962. Los datos y QSL deberán remitirse a HK3AFB, P.O. Box 11392. Bogotá (2), Colombia. Los miembros del club son: 3ACN, ADU, ARD, AFB, AOL, EY, HU, HY, KN, NK, CA, RQ, AND, VR. Deberá averiguarse sobre aumento de lista de socio comunicándose con HK3. No se exige el envío de bonos.

**«7HK Award».** Instituido por el Radio Club de Santander, P.O. Box 222. Bucaramanga, Colombia. Se exige el haber trabajado con siete estaciones HK7 en CW o fonía, a partir del primero de enero de 1962. No se especifica el envío de bonos IRC.

**«10 HK».** Otorgado por el Radio Club del Atlántico, Apartado Nacional 134, Barranquilla, Colombia. Será necesario presentar 10 QSL de HK1, a partir del 20 de noviembre de 1945.

**«100 HK3 Award».** La Liga Colombiana de Radio Aficionados, tercera zona, lo otorga a quien certifique haber efectuado 200 comunicados con aficionados HK3, en fecha posterior al primero de enero de 1960. Los LU podrán utilizar los servicios Radio Club Argentino para avalar los comunicados y enviarlos a HK3VV. Apartado Postal 4844 Bogotá (1), Colombia. No se pide envío de bonos IRC.

**«CHK».** La Liga Colombiana de Radioaficionados, Apartado Postal 584, Bogotá, Colombia, otorga este certificado a los aficionados colombianos que presenten 100 QSL HK y a los de otros países americanos con sólo 50. A los del resto del mundo se les exige solamente 25.

**«ZHK».** También instituido por la Liga Colombiana de Radioaficionados. Se exigen 10 QSL de las diez zonas en que está dividido el país. A los aficionados de otros países americanos 9 zonas y 8 a los del resto del mundo.

Tanto el «CHK» como el «ZHK» tienen como fecha de iniciación el 20 de noviembre de 1945. No se indica la necesidad del envío de IRC.

## COSTA RICA

**«T-TI».** El Radio Club de Costa Rica, Apartado Postal 2412, San José, Costa Rica, lo otorgará a los aficionados que comprueben QSO con siete de las ocho zonas de país; TI-2 San José, TI-3 Cartago, TI-4 Heredia, TI-5 Alajuela, TI-6 Limón, TI-7 Guanacaste, TI-8 Puntarenas y TI-9 Isla del Coco.

Pueden utilizarse todas las bandas autorizadas en CW o telefonía. Los QSO deberán ser posteriores al 20 de noviembre de 1945 y resulta indispensable certificar los comunicados.

## CUBA

**«Waco» (Worked All Cuba).** Lo otorga la Asociación Radioaficionados de Las Villas, Apartado 136, Santa Clara, Cuba, a todo aficionado que presente los QSL de los distritos C01 a C08, exceptuando el C04. Deberán remitirse las comprobaciones, junto con tres cupones IRC a la asociación organizadora.

## CHILE

**Bernardo O. Higgins Award.** Instituido por el Radio Club Rancagua, Casilla de Correo 20, Rancagua, Chile, que lo otorga al radioaficionado que verifique haber trabajado con cinco estaciones de Rancagua, en CW o fonía, en cualquiera de las bandas autorizadas. No se fija fecha de iniciación, aunque se supone sea a partir de noviembre de 1945.

**«CE-25-P».** Lo otorga el Radio Club de Chile, Casilla de Correo 761, Santiago, Chile, a los radioaficionados que certifiquen haber obtenido contactos con 25 divisiones de su territorio nacional para los CE y con 20 para los aficionados del resto del mundo. Fecha de iniciación el primero de enero de 1925.

Para aclaración se indican las 25 provincias en que está dividido el suelo chileno, además del territorio, 2 divisiones en la Antártida, Isla de Pascua, Isla Juan Fernández e Islas de San Félix y San Ambrosio. Total: 31 divisiones distribuidas en la siguiente forma: CE1: Tarapaca, Antofagasta y Atacama: CE2: Aconcagua y Valparaíso; CE3: Santiago; CE4; Talca, O, Higgins, Colchagua, Curico, Linares y Maulo Nubles; CE5: Concepción, Arauco, Bio-Bio y Malleco; CE6: Cautín, Valdivia y Osorno; CE7: Llanguihue, Cjiloe y Aysen; CE8: Magallanes y Tierra de Fuego; CE9AA-AM: Antártida; CE9AN-AZ: S. Shetland; CE0Z: Archipiélago de Juan Fernández; CE0A: Pascua; CE0X, Islas de San Félix y San Ambrosio.

**«WACE» (Worked All CE).** El Radio Club de Chile (Casilla 761, Santiago) concede este certificado a los aficionados situados en Sudamérica, que certifiquen comunicados por QSL o listas firmadas por el radio club del país a que pertenezcan efectuados en dos bandas diferentes, con 8 de los 10 distritos de Chile en telegrafía o telefonía indistintamente.

Son necesarios, en consecuencia, 16 QSO con 8 distritos diferentes y en bandas diferentes. Para obtener este diploma los aficionados situados fuera de Sudamérica, solamente necesitan 8 QSO, con 8 distritos diferentes y presentar pruebas o listas avaladas por autoridades del club al que pertenecen.

## ECUADOR

**WAHC (Worked All HC).** La Asociación Ecuatoriana, Apartado Postal 289, Quito, Ecuador, lo otorga al titular de la estación extranjera o nacional, oficialmente reconocida, que demuestre haber realizado, como mínimo, QSO con 7 distritos del Ecuador, sin limitaciones de banda; en CW o telefonía.

QSO posteriores a noviembre de 1945. Los distritos son: HC1: Provincias de Carchí, Inbabura y Pichincha; HC2: Guayas y Los Ríos; HC3: Luja y El Oro; HC4: Manabí y Esmeraldas; H5: Chimborazo, Cañar y Azuay; HC6: Cotopaxi, Tugurahua y Bolívar; HC7: Napo Pastaza y Sgo. Zamora; HC8: Archipiélago de Colón (Galápagos); HC9: Móvil Marítima y HCO: Móviles Terrestre y Area.

**«WHC Award».** Instituido por el Radio Club de Guayaquil, Casilla de Correos 784, Guayaquil, Ecuador, para quien

ertifique haber trabajado con 5 de las 8 zonas HC, después le noviembre de 1945. Será necesario enviar 8 bonos IRC.

**WHC (Worked HO).** El Guayaquil Radio Club, de Guayaquil, Ecuador, lo concede al aficionado que compruebe QSO con un mínimo de cinco distritos del HC1 al HC8. Se otorga también un certificado WHC especial a quien complete los distritos; es necesario remitir a la entidad organizadora 8 cupones IRC o 1 dólar, junto con la certificación correspondiente.

## ESTADOS UNIDOS

**«Colonial América» (CAA).** Ofrecido por W3YRN/W3YVJ, 1310 Glendale Road, Baltimore (12), Md., EE.UU., por comprobar que se haya conectado dos veces cada uno de los trece exestados coloniales; es decir que se necesitan 26 QSL. No exige limitación de bandas y puede efectuarse en CW o fonía, remitir cuatro bonos IRC junto con la documentación, debidamente avalada. Los estados son: Com., Del, Ga., MD., Mass., E.C., E.H., M.J., N.Y., PA., R.L., S.C. y VA.

**DXCC (DX Century Club).** La American Radio Relay Leaque (ARRL) lo otorga al aficionado que compruebe QSO con 100 países diferentes. La lista de países se incluye en esta misma edición

Es imprescindible remitir las QSL, con 3 cupones IRC para devolución por pieza certificada, a la ARRL, 225 Main St., Newington, Conn. 0611, EE.UU.

**«Maritime/Mobile Award» (M/M Award).** Se concede al aficionado que verifique QSO con 30 embarcaciones en navegación, encontrándose situados a por lo menos tres millas de la costa y a no menos de 100 millas de distancia de su QTH. Los comunicados deberán ser posteriores a noviembre de 1945. No deben remitirse bonos. Dirigirse al Maritime Mobile ARC, c/o 1317 Orangewood Ave, Pittsburg 16, PA, EE.UU.

**«WAS» (Worked All States).** La ARRL lo concede a todo aficionado que, en una sola banda de frecuencia, compruebe QSO con todos los estados norteamericanos. Se exige el envío de las QSL, con tres cupones IRC, para proceder a la devolución por pieza certificada. Los QSO con Hawai (HK6) deberán ser posteriores al 21 de agosto de 1959 y los KL7, posteriores al 3 de enero de 1959. El distrito de Columbia cuenta por Maryland.

**«WAS/YLRL».** Se otorga por conectar una YL de cada uno de los 50 estados de EE.UU. no hay limitación de banda o modo de efectuar la comunicación. Remitir solicitud a Grace Ryden, W9GME, 2054 N. Lincoln Ave., Chicago (14), Illinois, Estados Unidos de Norteamérica. Se exige lista avalada por radio club oficial muy detallada y además, cinco bonos IRC.

**WAZ (Worked All Zones).** La revista «CQ» lo otorga al aficionado que compruebe QSO con las 40 zonas WAZ en que está dividido el mundo. Dirigir la solicitud a la misma dirección que para el WPX. Enviar tres bonos IRC.

**WPX (Worked Prefixes).** Lo otorga la revista norteamericana «CQ» a los aficionados que atestigüen haber tomado contactos con 300 o más prefijos diferentes. Se otorga separadamente para CW, fonía, SSB, Marítimas Móviles, Aeronáuticas-Móviles y también para comunicados efectuados con transistores. Validez a partir de febrero de 1957. Dirigirse al manager: John A. Attaway, P.O. Box 205, Winter Haven, Florida 33880, EE.UU. Previamente solicitar lista oficial (verde) y llenarla por orden alfabético. Adjuntar tres bonos IRC.

## NICARAGUA

**«Ruben Darío».** Otorgado por El Radio Club de Nicaragua, Apartado Postal 925, Managua, Nicaragua, por obtener una QSL, de cada una de las siguientes repúblicas: Guatemala, Honduras, El Salvador y Costa Rica. Remitir lista avalada por radio club oficial y 1 dólar.

## PANAMA

**«KZ5-26».** El Canal Zone Amateur Radio Association de Panamá, P.O. Box 407, Balboa, Panamá otorga este certificado a quien acredite 25 comunicados con aficionados KZ25. Endoso por 50 y 100 QSL. No se registra cargo por tramitación.

**«HP-20».** La Liga Panameña de Radioaficionados otorga a quienes certifiquen haber hecho contacto con 20 estaciones HP de la Rep. de Panamá. Sin cargo alguno por la tramitación. Remitir QSL o certificación a: L.E.R.A., Comisión Certificados, Apartados 9A-175, Panamá 9-A, Rep. de Panamá.

**«TZ-HP».** A otorgarse a quienes certifiquen contacto con seis de las siete zonas de radio de la República de Panamá. Enviar QSL o certificación a: Apartado 9A-175, Panamá, 9-A, Panamá (Atención Comisión de Certificados). No hay cargo alguno por tramitación.

## PARAGUAY

**CRCP (Certificado Radio Club Paraguayo).** Se concede a los aficionados paraguayos o del exterior que verifiquen con las QSL respectivas, haber comunicado con 50 estaciones ZP, a partir del día 23 de enero de 1941, en cualquiera de las bandas autorizadas. Será necesario enviar cinco cupones IRC para gastos de franqueo, a la secretaría del R.C. Paraguayo, Casilla de Correos 512, Asunción, Paraguay.

**«DP» (Diploma Paraguay).** Establecido solamente para aficionados extranjeros que trabajan en cualquiera de las bandas autorizadas en fonía o CW y que ubicados en Sudamérica, hayan tomado contacto con 15 estaciones ZP a partir del 15 de mayo de 1952. A los aficionados situados en países y posesiones fuera del continente Sudamericano se les requerirá haber establecido contacto con 5 estaciones ZP.

Los aficionados del exterior que deseen solicitar cualquiera de los diplomas paraguayos, deberán acompañar a sus pedidos 5 cupones de respuesta internacional para cubrir gastos de franqueo certificado. El RCP podrá disponer el envío de las tarjetas de QSL, siempre que se permita certificación verificada por la institución a que pertenece.

**WAZP (Worked All ZP).** Sólo se concede a aficionados extranjeros que acrediten con las QSL respectivas, haber comunicado con las 9 zonas del país, a partir del día 15 de mayo de 1952, en cualquiera de las bandas autorizadas.

Como en casos anteriores, deberán enviarse 5 cupones IRC, para gastos de franqueo, al Radio Club Paraguayo, Casilla de Correo 512, Asunción, Paraguay. Los aficionados paraguayos pueden hacerse acreedores de este diploma siempre que hubieran obtenido previamente el certificado «CRCP».

**ZP 100.** Otorgado por el Radio Club Paraguayo a los aficionados ZP o del exterior, que demuestren haber logrado comunicarse con 100 estaciones paraguayas en cualquiera de las bandas autorizadas. Enviar cinco cupones IRC.

## PERU

**«RCP».** Lo otorga el Radio Club Peruano, P.O. Box 538, Lima, Perú, a aficionados peruanos o extranjeros que acrediten haber comunicado con estaciones OA en las bandas de 80 y 40 m para los del país, y en las autorizadas para los de otros países. Podrá optarse por telegrafía o telefonía en forma independiente. Los del continente americano deberán acreditar un mínimo de 50 comunicados con aficionados peruanos; para otros países sólo se requieren 25. Para aficionados extranjeros el plazo de contactos realizados deberá ser posterior a enero de 1950.

**«TZ-OZ».** A los aficionados de Perú o extranjeros que acrediten QSO en telegrafía o telefonía independientemente. Los peruanos deberán hacerlo en 40 y 80 m y los extranjeros en las bandas autorizadas en cada país. Estos últimos deberán, como mínimo, establecer comunicación con 5 aficionados de la zona OA1; 5 con los de la zona OA6; 2 con los de la 2, 5 y 7; 1 con los de las 3, 8 y 9; 10 con los de la 4. Son válidos los QSO realizados a partir del 1 de julio de 1958. Lo otorga el Radio Club Peruano, P.O. Box 538, Lima, Perú.

**«CC-OA».** Este certificado reemplaza al «100-OAS» y se otorga a los aficionados del país o del extranjero que acrediten haber comunicado con un mínimo de 200 estaciones peruanas y uno con cada una de las 20 repúblicas americanas y/o Canadá en la banda de 40 y 80 m para los OA y en las autorizadas para los extranjeros. Deberá utilizarse telegrafía o telefonía, ambas alternadas, y acreditar comunicados a partir del 26 de mayo de 1958. Informes al Radio Club Peruano, Casilla Postal 538, Lima, Perú.

## PUERTO RICO

**«WRP».** Deberán presentarse 25 QSL de aficionados KP4. Endosos por cada 25 QSL que se agreguen. Remitir solicitud a KP4QQ, P.O. Box 476, Roosevelt Station, San Juan de Puerto Rico. Es indispensable adjuntar 3 bonos IRC.

## URUGUAY

**C.19D (19 Departamentos).** El Radio Club Uruguayo, Casilla de Correos 37, Montevideo, Uruguay, lo otorga a todo aficionado que compruebe QSO con 19 Departamentos de la R.O. del Uruguay con posterioridad al primero de junio de 1949. Deberá presentarse solicitud, debidamente avalada, por autoridades del club al cual se pertenece.

**Certificado de Radio Veterano.** Lo otorga la Federación Uruguaya de Radio Clubes, Casilla de Correos 966, Montevideo, Uruguay, a los aficionados uruguayos con 25 años de antigüedad o más, que mantengan su característica en vigencia.

**Federación Uruguaya de Radio Clubes.** Será otorgado a los aficionados que remitan a la institución las QSL cuyas letras distintivas de los departamentos formen las palabras Federación CX de Radio Clubes.

**Radio Club Paso de los Toros (permanente).** Se otorga sin discriminación de bandas a los aficionados que comuniquen con estaciones afiliadas a dicho club. Las estaciones de Argentina, Brasil, Paraguay, Bolivia, Chile y Uruguay deberán realizar 8 contactos y las del resto de América del Sur, Centro y Norte de América, Europa, etc., sólo 3 contactos. Será requisito indispensable enviar plantilla indicando los QSO, con los números concedidos por las estaciones que otorgan los puntos, acompañada de las QSL correspondientes a la sede del Radio Club Paso de los Toros, Adelaida Puyol 380, Paso de los Toros, R.O. del Uruguay.

**San José.** Otorgado por el Radio Club San José, Casilla de Correo 59, San José, R.O. del Uruguay, a quien haya comprobado haber trabajado con 6 estaciones del Departamento de San José. Es sin cargo y no especifica fecha de duración.

**Treinta y tres Orientales.** El Radio Club Uruguayo otorga este certificado a los aficionados de cualquier país que después del 1.º de enero de 1953, acrediten comunicados con 33 estaciones CX.

## VENEZUELA

**Boconó, Jardín de Venezuela.** La seccional Boconó del RCV está destinado a los aficionados de aquel país; a todos los de los países americanos que hayan comunicado con 4 estaciones afiliadas a esa seccional; a los de Europa con 3 o con 2 a los restantes continentes. Informes al Radio Club Venezolano, Seccional Boconó, Apartado 1, Boconó, Trujillo, Venezuela. Enviar certificación avalada de «perfomance».

**«Catacumbo».** Diploma que otorga la seccional Zulia YV1, Casilla de Correo 1019, Maracaibo, Zulia, Venezuela, del Radio Club Venezolano, Comunicados con 15 estaciones YV; los contactos con las HK, HC, CP, OA y HP. Otros países de América y España 5 contactos. Europa y Africa 3, y 2 para el resto del mundo.

Fecha de iniciación 11 de marzo de 1961, y es necesario remitir certificación debidamente avalada por autoridades de la institución a que pertenece el aspirante.

**General Anzoategui.** Instituido por la seccional Anzoategui del Radio Club Venezolano, Casilla de Correo 4146, Puerto la Cruz, Venezuela, y se otorga a quienes certifiquen haber obtenido contactos después del 16 de marzo de 1961 con 10 estaciones venezolanas para los aficionados YV; además el certificado «YV 100» lo ganará quien presente pruebas avaladas de haberse comunicado con 100 estaciones diferentes de Venezuela y el «YV 200» que, como su nombre indica, exige 200 comunicados. Estos tres diplomas tienen fecha de iniciación el 20 de noviembre de 1945 y es necesario enviar 3 cupones IRC por cada uno.

# diexismo

# 18

*Josep M.ª Pons Segura*

## 8.1 D (DISTANCIA) X (INCOGNITA)

Diexista es el que explora las ondas en busca de señales desconocidas o difíciles de escuchar.

El diexista debe ser una persona dispuesta a dedicar horas de su afición, horas dedicadas a mover el dial de su receptor para encontrar una señal desconocida, escucharla y descifrarla; deberá aprenderse, o tomar nota, de las divisiones de las frecuencias, conocer el dial del receptor que esté usando y poco a poco ir adquiriendo confianza, llegando a aprenderse las señales de identificación más usuales, conocimiento que le resultará valiosísimo en un futuro.

La satisfacción de escuchar reporta muchas recompensas; una mayor comprensión del mundo en que vivimos, contacto con personas de muchos países, conocimientos de geografía y nociones de muchos idiomas, enterarse de los acontecimientos mundiales en el momento en que ocurren y muchos más conocimientos, dado que hay programas dedicados a casi todos los temas y vistos desde las perspectivas de cada país.

El diexista desempeña también un papel importante en las comunicaciones mundiales y en los estudios de los problemas de transmisión y recepción. Sin él las emisoras de onda corta solamente podrían confirmar sus propias transmisiones en la salida de antena, pero pocos controles se tendrían de la recepción en el país a que se dedica la transmisión y lo que es más importante, en todas las zonas del país en cuestión. Es un servicio gratuito que generalmente las emisoras de radiodifusión cuidan y miman.

Las emisoras locales radian con baja potencia, sin antena direccional, para un circuito de radiooventes en un radio de unas pocas decenas de kilómetros; y eso es un interés para el diexista, el «cazar» estas transmisiones, emisiones que quizás se producen a 10.000 o 15.000 kilómetros. La recepción de un control de escucha proporciona a los técnicos de la emisora una de las mayores alegrías, y al diexista la mayor emoción al recibir la confirmación de aquella escucha, confirmación que en muchas ocasiones se hace esperar meses, dado qué, precisamente estas emisoras pequeñas no tienen sus servicios burocráticos muy bien organizados y en ocasiones es muy difícil obtener la confirmación de la escucha.

Cuanto mayor es la distancia y menor la potencia, tanto mayor es el valor con que el diexista estima su mejor recepción. También debe considerarse la banda en que se ha escuchado la transmisión, la hora y la época del año. Las bandas de frecuencias más bajas están generalmente abiertas sólo por la noche, y las más altas lo están por el día, hablando de forma muy general.

## 8.2 DX EN ONDA CORTA

Las emisoras de radiodifusión tienen reservado aproximadamente un 10 % de la banda disponible en onda corta; se calcula que el 48 % del espectro está ocupado por emisoras «fijas» que realizan el tráfico entre puntos fijos de la tierra por medio de antenas direccionales; las llamadas «bandas marítimas móviles» ocupan aproximadamente un 18 %; la asignación para los aficionados es sobre un 10 %, el 8 % está reservado para las bandas aeronáuticas y el resto está destinado a emisoras terrestres móviles y estaciones de frecuencia estándar.

Con objeto de hacer frente a las variables condiciones de propagación en las diferentes estaciones del año, horas del día y variaciones de manchas solares, las asignaciones hechas a estos usuarios no están limitadas a una banda sino repartidas en varias bandas dentro del margen de onda corta. Generalmente sólo las emisoras de pequeña potencia emiten únicamente por una frecuencia.

El diexismo en onda corta está principalmente concentrado en la banda de radiodifusión en onda corta y en las bandas de aficionado, pero el interés del diexista por la captación de «punto a punto» en las estaciones fijas no deja de aumentar, en tanto que las estaciones de frecuencia patrón y señales horarias siempre han sido importantes para el diexista.

La escucha de estaciones punto a punto, llamadas más generalmente «utilitarias» deben tratarse con cierto tacto, dado que en algunos países está prohibido escucharlas y por consiguiente, cualquier informe de recepción remitido no puede ser bien recibido; por ello a través de los Clubs DX es conveniente recabar mayor información al respecto, información que por razones de tiempo y espacio no nos es permitido exponerla en este capítulo.

## 18.3 RADIODIFUSION EN ONDA CORTA

Las bandas de radiodifusión en onda corta están comprendidas entre 3 y 30 MHz:

| | |
|---|---|
| 75 m: 3,200 – 3,400 MHz | Es compartida con servicios fijos y móviles. |
| 60 m: 4,500 – 5,000 MHz | Sólo puede ser utilizada por emisoras situadas en la zona tropical. |
| 49 m: 5,950 – 6,200 MHz | Este es el margen de onda corta más bajo de muchos aparatos y su valor es máximo para la radiodifusión regional. La cobertura internacional es limitada especialmente durante el día. Durante la noche puede propagarse a través de muchos miles de kilómetros. |
| 41 m: 7,100 – 7,300 MHz | Tiene características similares a la anterior. Es generalmente utilizada por la radiodifusión para la programación a larga distancia cuando la actividad de las manchas solares es baja y la estación es desfavorable. |

| | |
|---|---|
| 31 m: 9,500 – 9,775 MHz | Por sus características de propagación es la banda más utilizada por la radiodifusión en todas las épocas, tanto a corta como a larga distancia. |
| 25 m: 11,700 – 11,975 MHz | Se puede lograr la mayor distancia de noche. |
| 19 m: 15,100 – 15,450 MHz | Si la propagación está abierta proporcionan señales más distantes, cuanto más alta es la frecuencia. |
| 16 m: 17,700 – 17,900 MHz | |
| 14 m: 21,450 – 21,750 MHz | |
| 11 m:25,605 – 26,095 MHz | Muy poco utilizada en estas horas bajas solares. |

El detalle de todas las emisoras que trabajan en estas bandas, *todas las del mundo*, con su dirección, potencia, pentagrama de llamada, etc., pueden encontrarse en World Radio & TV Handbook.

## 18.4 RECEPTORES

En un principio cualquier receptor que disponga de un segmento dedicado a la onda corta es útil para iniciarse, aunque es comprensible que su capacidad será muy limitada, en tanto que pueden presentarse tantas señales mezcladas, por la estrechez de banda, que lo confundan; aunque estos receptores se pueden mejorar y permitir el diexismo a personas que no pueden destinar considerables sumas en la adquisición de un receptor de calidad.

No obstante, la elección de un receptor es de gran importancia para el futuro de la afición. En principio debemos tener en cuenta los siguientes factores: selectividad, sensibilidad y estabilidad.

La selectividad viene determinada por el número y características de la frecuencia intermedia (FI) del receptor. Cuanto mayor es su número tanto mejor es el rendimiento para poder separar emisoras. Una particularidad para el diexista es poder contar con una selectividad variable, donde el paso de banda pueda limitarse, con el objeto de separar una emisora de otra; no obstante, con esta limitación del paso de banda perdemos parte de las frecuencias de audio más altas de la señal. Perdemos en cierta manera calidad en la audición, aunque ésta, si la comparamos con una señal de frecuencia modulada, tiene mucho que desear. La sensibilidad es la proporción de amplificación que un receptor puede admitir antes de ser ensordecido por su propio ruido y esto depende de la calidad que sigue al circuito de antena. Generalmente es suficiente la de los receptores medios que hoy en día se pueden encontrar en el mercado; no obstante, puede mejorarse con un preamplificador de radiofrecuencia.

La estabilidad no es una propiedad que tengan la mayoría de receptores. Se entiende por estabilidad del receptor la estabilidad electrónica de los circuitos de modo que se les pueda sintonizar con precisión y facilidad. La inestabilidad de los circuitos del receptor se manifestará por la tendencia a separarse de la frecuencia en la cual se ha sintonizado previamente. El diexista consumado deseará un mejor receptor, que le ofrezca un buen ensanche de banda, una sintonización precisa, selectividad variable, circuitos para recibir telegrafía (CW), banda lateral (SSB), limitador de ruido, adaptación de antenas, control a cristal.

Los receptores de comunicaciones de «primera clase», suelen ser muy caros y no están al alcance de todos; no obstante, hay que tener en cuenta que existe el mercado de segunda mano (surplus), el cual ofrece grandes posibilidades a quien posea ciertos conocimientos de electrónica. Todos los aficionados a este «hobby» están siempre deseando mejorar el equipo (antenas, auriculares, magnetófonos o receptores), pero no siempre llegan a conseguir sus propósitos, ya que intervienen también otros factores ajenos de tipo económico o de situación de sus viviendas.

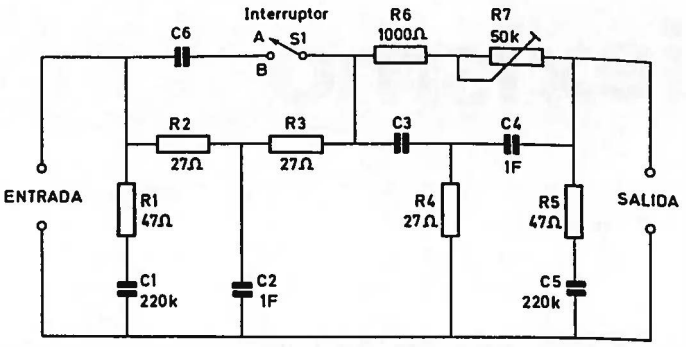



Figura 18.1 Se conecta el filtro a la salida del receptor y a su vez se conecta un auricular a la salida del filtro. Se sintoniza una señal con mucho ruido e interferencia. Girando el potenciómetro deberemos disminuir el ruido, sin amplificar la señal. El interruptor S1 cerrado atenúa la voz masculina a 1800 Hz y abierto lo hace con la femenina entre 900 y 1700 Hz. La salida para auriculares o altavoces es de una impedancia entre 3 y 15 ohmios.

Amén de la sensibilidad, estabilidad y selectividad ya mencionadas, es conveniente también tener en cuenta a la hora de pensar en un nuevo receptor los siguientes datos:

*Ajuste de smiter* (smiter zero adjust). Sirve para llevar la aguja del mismo a la posición 0 cuando, por cualquier causa, el smiter marca más de lo debido.

*Alimentación.* Será lo más completa posible, 110/117/220/240 V en c.a. y en c.c. con batería externa o pilas. Así siempre está asegurado el funcionamiento.

*Calibrador de frecuencias.* Si durante la recepción, la frecuencia conocida en kHz no coincide con la marcada por la aguja del dial, se puede utilizar el botón correspondiente para ajustar correctamente la banda en sintonía.

*Conexiones.* Son necesarias las coaxiales tipo rosca o de antena coche para las antenas dipolo con las bajadas coaxiales de 50/75 ohmios, los de toma para auriculares en jaks de 6,5 o 3,5 mm y también salidas estándar para grabación en magnetófonos.

*Condensador variable de antena* (antenna trimmer) Se utiliza para una adaptación correcta de la antena exterior al receptor y es necesario para las ondas cortas.

*Ensanche de banda.* Nos permite sintonizar en un espacio mayor del dial emisoras lejanas que en la banda normal estarían muy próximas o difícil de oír.

*Ganancia (RF gain).* En el caso de una señal muy fuerte, con saturación permite una reducción de la misma, regulable, para una correcta audición.

*Reductor de ruido* (noise limiter). Es muy eficaz para atenuar los ruidos parásitos producidos por motores eléctricos y conmutadores. Se recomienda durante la recepción de altas frecuencias y especialmente en más de 20 MHz.

*Sintetizador de frecuencias, digital.* Este sistema, son seis LED luminosos para MHz y kHz, marca las frecuencias y permite también una recepción continua entre las bandas.

## 18.5 ANTENAS

Sin antenas no es posible el diexismo en onda corta debido al carácter de la propagación de la onda corta y el

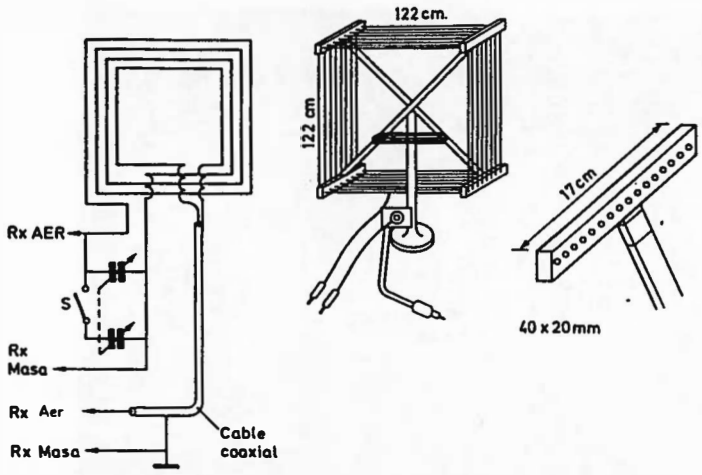



Figura 18.2 Antena muy parecida a las que se usan en bandas oficiales de radioaficionados denominadas «antenas quad», pero en dimensiones reducidas, lo cual permite tenerla junto al receptor en una habitación. Una vez compuesto el marco y colocados los casi 54 metros de hilo, se coloca al pie de la antena un doble condensador de 365 pF. Se realizan conexiones a través del condensador para un receptor doméstico o a través de cable coaxial para receptores de telecomunicación, según indica el gráfico.

considerable debilitamiento de la señal durante el viaje por el espacio y la relativa ineficiencia de una antena telescópica o de una antena de ferrita en estas frecuencias.

La antena es indudablemente muy importante, tanto como el receptor, pero ¿qué antena utilizar?

Son muchos los modelos que existen en la actualidad y constantemente se realizan nuevas formas que mejoran cada día la recepción de las ondas cortas. Simplificando, podemos considerar dos grandes grupos: polarización horizontal y polarización vertical.

En cuanto a la situación de la antena, cuanto más alta y despejada mejor será la energía de radiofrecuencia (RF) captada; no obstante, tenemos que adaptarnos a las posibilidades e intentar elegir la mejor. Hay que tener en cuenta que las antenas deben estar alejadas, en lo posible,

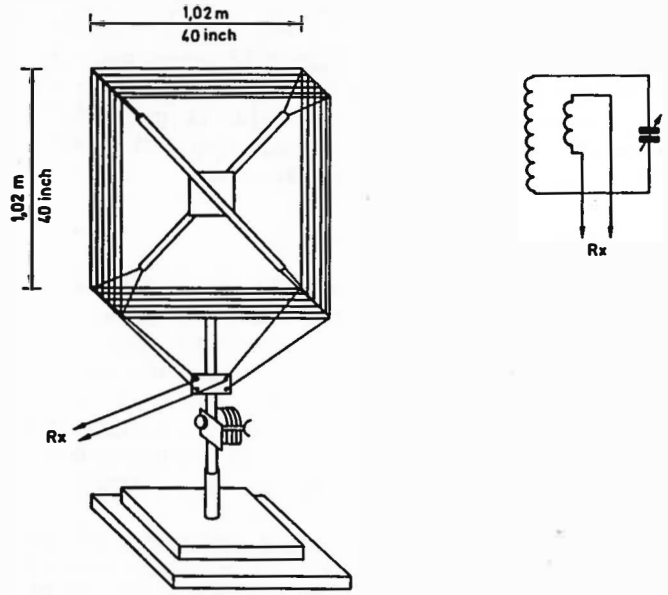



Figura 18.3 Antena «loop» un poco mayor que la indicada para OC, ésta es aconsejada para onda media. Las espiras deben ser seis y el condensador de 500 pF. En este tipo de antenas interiores los resultados no serán muy aceptables en edificios de cemento armado.

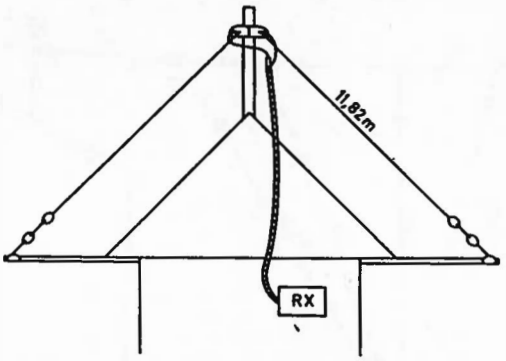



Figura 18.4 Antena de V invertida. Una de las más interesantes para el DX cuando se dispone de poco espacio. Es casi omnidireccional.

de los grandes edificios, cables de alta tensión, transformadores, postes metálicos, zonas de grandes árboles, zonas industriales, etc. La longitud de las antenas horizontales es un tema en que generalmente solemos ponernos poco de acuerdo los diexistas porque en la mayoría de ocasiones depende de la adaptación que de la misma pueda hacerse en el receptor; una antena inadaptada puede llevar consigo la pérdida de señal, pero en ocasiones tampoco es factible tener lo ideal, o sea una antena de la longitud de onda, o al menos de media onda. Así pues, para escuchar los 49 metros, lo ideal sería una antena de 49 metros o 25 metros. Sin embargo pueden utilizarse antenas múltiples. Los diferentes tipos que se representan podrán dar excelentes resultados según las circunstancias y localización del domicilio de cada diexista; lo normal y más aconsejable es probar tres o cuatro tipos como mínimo para ver cuál es la que rinde mejor.

No obstante, para empezar podríamos construir una antena interior con un hilo de 3 a 5 metros, y si podemos experimentar en el exterior se podría pensar en una de 10, 15 o 30 metros, según disponibilidades de terreno.

Puede obtenerse una ganancia substancial en la intensidad de la señal si la antena está adaptada convenientemente a la entrada de receptor; dicha adaptación puede obtenerse mediante una simple red de condensadores y bobinas, que se suele llamar adaptador de impedancias, circuito adaptador o simplemente «filtro de antena».

Destacan por su sencillez las monobandas: dipolo, vertical, Windon, V invertida, rómbica.

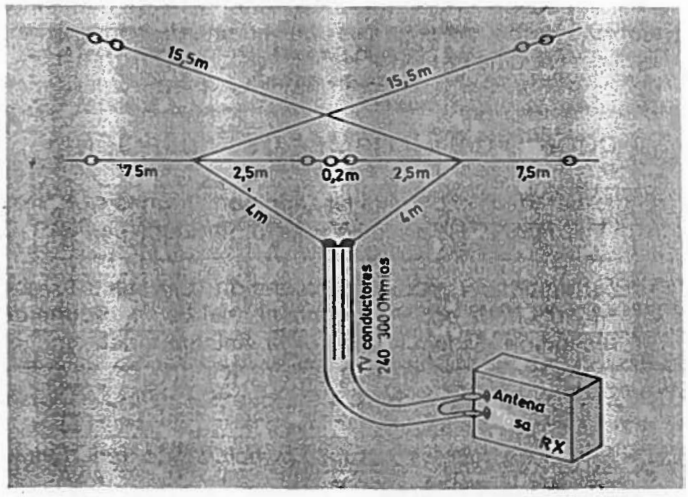



Figura 18.5 Antena dipolo doble banda ancha de 2 a 26 MHz. El ángulo que cierra las ramas de la V invertida no es crítico, por lo que se adapta al espacio.

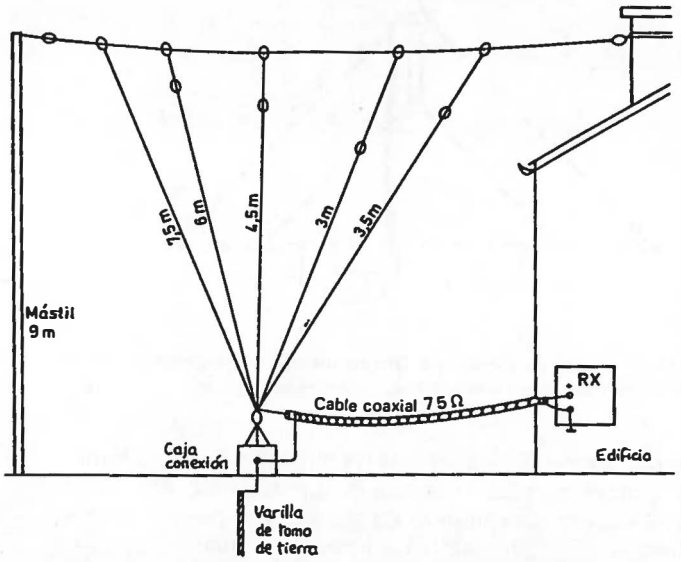



Figura 18.6 Antena multibanda, formada en esencia por varias verticales.

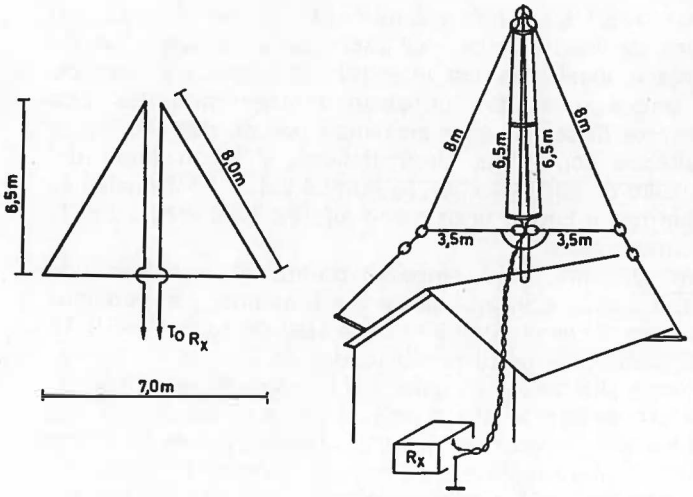



Figura 18.7 Antena «delta loop» para espacios exteriores relativamente reducidos.

Las multibandas: multidipolo, abanico de verticales

Las de banda ancha: discono, long wire o hilo largo sintonizado y Beverage que es una variante de la long wire y la antena periódica logarítmica.

## 18.6 CODIGO Q E INFORMES DE RECEPCION

El diexista debe estar familiarizado con algunos significados del código Q. He aquí los más importantes para él:

QSL: *Confirmación* escrita de recepción o contacto. Debe ser solicitada por el escucha, al final de su informe de recepción. Es extendida por la emisora y debe incluir fecha y frecuencia de la confirmación.

QRM: *Interferencia* debida a fuentes industriales, generalmente otras emisoras.

QRN: *Ruido* de fuentes naturales, incluyendo fenómenos atmosféricos y estáticos.

QSB: *Fading* (desvanecimiento) una irregularidad, cíclica en la intensidad de la señal.

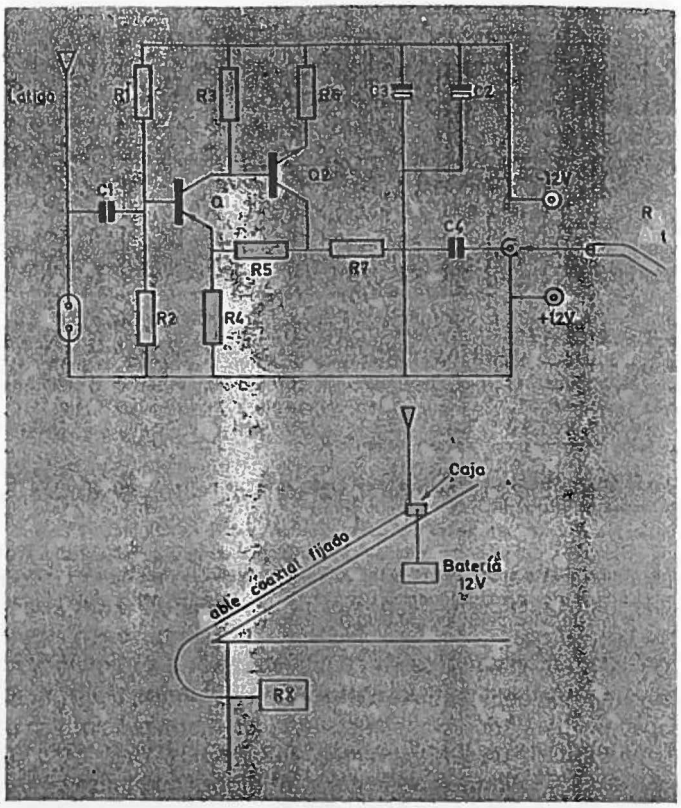



Figura 18.8 Antena activa para todas las bandas con varilla de 60 a 100 centímetros. El punto en común entre la lámpara y el látigo (varilla) se conecta a través del condensador $C_1$ 220 pF al divisor de tensión formado por las resistencias $R_1$ y $R_2$ 56 kΩ en la base del transistor $Q_1$ PNP AF 139 o similar. El emisor del $Q_2$ se conecta a tierra a través de $R_4$ 220 Ω y al colector de $Q_2$ mediante una resistencia $R_5$ de 100 Ω. El colector de $Q_1$ se conecta al negativo a través de $R_6$ 22 Ω. La salida de la conexión hacia el receptor es el colector de $Q_2$ mediante una resistencia $R_7$ de 56 Ω y el condensador $C_4$ de 10 nF conectados en serie.

QRK: *Audibilidad* grado total de la recepción de una emisora.

QTH: *Situación* geográfica de una emisora.

QRA: *Nombre* oficial de la emisora.

Existen muchos más, unos utilizados generalmente en la banda de aficionados, otros en la de aviación, o en la de marina. Las anteriores las encontraremos en los informes de recepción de las emisoras más importantes, emisoras que ya facilitan el formato o formulario de recepción.

### 18.6.1 Sinpo

Ahora nos trasladamos desde un código que data de los primeros días de la radio a otro bastante nuevo, cuya invención se debe a un hombre que todavía hoy sigue desplegando gran actividad en los círculos de radio. Se trata del código SINPO, concebido por Gustav George Thiele de la Deutsche Welle, y que ha sido adoptado oficialmente por la Comisión Consultora Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR), así como por muchas emisoras radiodifusoras internacionales.

Por consiguiente todo diexista debe aprender el código SINPO. Ayudará a las emisoras y también se ayudará a sí mismo enviando informes útiles y, por consiguiente, aumentando sus posibilidades de recibir QSL. Existen cinco variables y cada una de ellas varía de 1 a 5. Veámoslas por orden:

*S* = *Intensidad.* Esta es la intensidad de la señal, como el diexista la ha percibido.
*I* = *Interferencia.* Esta abarca la interferencia industrial, QRM en el código *Q*
*N* = *Ruido. Ruido natural,* estático, chasquidos producidos por el rayo; QRN.
*P* = *Perturbación de propagación.* Esta incluye fading, una fluctuación cíclica de la señal, así como el efecto de centelleo producido por el paso a través de las regiones polares o ecuatorial, y otras irregularidades de propagación.
*O* = *Calificación total.* Esta es la suma total, depende de las otras cuatro variables.

De las cinco letras pasamos a los cinco números clave. 5 es el máximo y «cinco cincos» es decir, SINPO 55555, indica recepción de calidad local, casi FM. Las columnas «S» y «O» correspondientes a la intensidad de la señal y a la calificación total, muestran las cinco calificaciones equivalentes a cinco explicaciones verbales:

5 excelente
4 bueno
3 regular/mediana/aceptable.
2 mal/débil/comprensible
1 apenas audible, señal inaceptable/muy débil/incomprensible

Las columnas «I», «N», «P» indican:

5 nula/nada
4 ligera/débil
3 moderada/mediana
2 severa/fuerte
1 extrema/muy fuerte.

### 18.6.2 Indicación de medidores S

Muchos receptores de comunicación tienen medidores de intensidad, calibrados en unidades «S» (strength = intensidad). Estas se extienden de S1 a S9, y más allá del S9 se cuenta por decibelios, S9+10 dB, hasta 59+60 dB. Para convertir estas lecturas en las cinco clasificaciones de la columna S del código SINPO, podemos calcular: SINPO «S» 1 es indicada como S4 en el medidor, «S» 2 como S7 en el medidor. Para «S» 3 el medidor indica un poco más de S9.

«S» 4 en SINPO es S9 más 20 dB en el medidor del receptor y el óptimo «S» 5, indica como justamente por debajo de S9 más 40 dB. Es importante que el medidor esté ajustado correctamente. Los diexistas que carezcan de tal medidor deberán juzgar simplemente «a oído», pero tendrán que establecer por sí mismos cierta norma definida y consistente.

### 18.6.3 Sinfo

Algunas emisoras sustituyen la columna «P» por una «F», por fading, introduciendo así la variante SINFO del código SINPO. De este modo sólo se califica el fading verdadero. Esto es posible observando la aguja del medidor «S», y, refiriéndolo a la manecilla de segundos de un reloj, contar el número de desvanecimientos que desvían la aguja en el curso de un minuto. La ausencia de desvanecimiento recibirá una calificación de F5, menos de 5 desvanecimientos por segundo la de F4, entre 5 y 10 la F3, de 10 a 20 darán F2 y a más de 20 depresiones de la aguja se le dará la calificación más baja F1.

Deberá tenerse en cuenta que el código SINPO o el SINFO, si bien aceptado y apoyado por las emisoras radiodifusoras internacionales del mundo entero y por aquéllas con ténicos cualificados, no deberá ser utilizado al informar a pequeñas emisoras suficientemente equipadas destinadas a servir un círculo local de oyentes únicamente, por ejemplo, en América Latina. Una descripción con palabras, términos no técnicos y sin usar abreviaturas ni códigos, es preferible en este caso.

## 18.7 PROPAGACION DE ONDA CORTA

Algunas personas practican el diexismo sin el más ligero conocimiento de las limitaciones que la naturaleza impone a la propagación en onda corta. El resultado es que a veces buscan emisoras en bandas equivocadas. Esta es una situación indeseable que puede ser eliminada con ciertos conocimientos básicos sobre el comportamiento de las ondas de radio de alta frecuencia en su viaje desde el transmisor hasta el receptor.

La energía radiada por la antena es reflejada por las capas altas de la atmósfera, siendo la más importante de ellas la llamada F2, que está situada a unos 250 km por encima de la tierra y que cuando es radiado un haz paralelamente a la superficie de la tierra alcanzará dicha capa a unos 2000 km a partir del transmisor, incidiendo en la tierra después de haber sido reflejada a unos 4000 km. Estos 4000 kilómetros son el salto más largo fiable; saltos más pequeños pueden ser producidos por antenas de diferentes diagramas de radiación. Distancias mayores de 4000 kilómetros son posibles especialmente usando el mar como espejo.

Las propiedades reflectoras de la capa F2 se deben a la ionización. La concentración de electrones, o gradiente de ionización, determina las propiedades reflectoras de la capa: cuando dicha concentración es grande, la capa podrá reflejar incluso las frecuencias altas hacia la tierra; cuando es baja, sus características de reflexión se limitarán a las bandas de frecuencia baja solamente.

¿Qué es lo que hace entonces aumentar el grado de ionización de la F2? Todo tiene que ver con la posición del sol y con la cantidad de radiación ultravioleta emitida por el sol. La posición del sol sobre un punto en que tiene lugar la reflexión de los rayos incidentes depende de dos factores, la hora del día o de la noche y la estación del año. La cantidad de radiación ultravioleta solar varía según un ciclo de 11 años, el llamado ciclo de manchas solares.

**Cuestionario sobre la escucha de las emisiones de Radio Budapest**

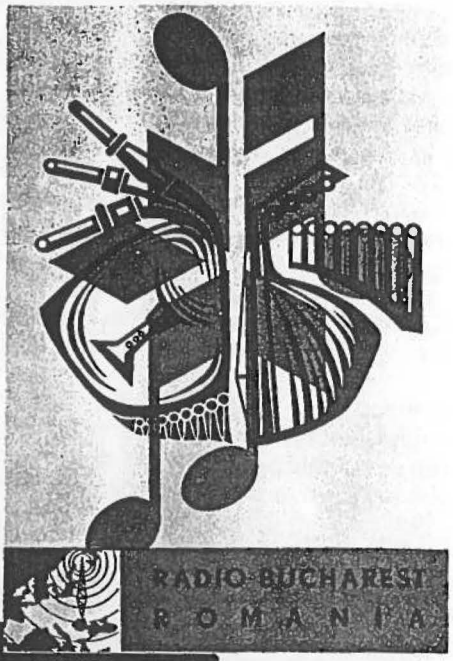
RBSWC Monitor Número: Aparato tipo:
Mes: 197 Antena:

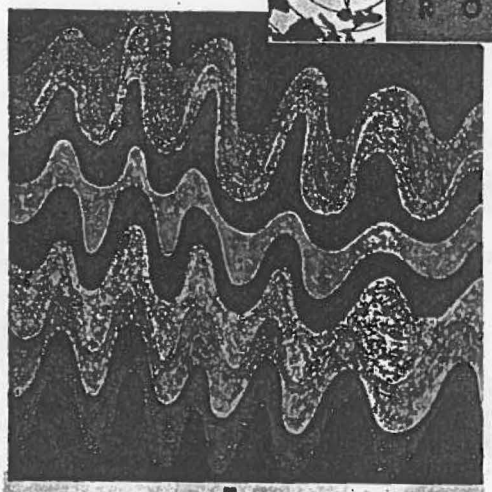
| Día | | Hora (GMT) | Frecuencia m | Frecuencia kc/s | Valoración QSA S | QRM I | QRN N | QSB P | QRK O | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

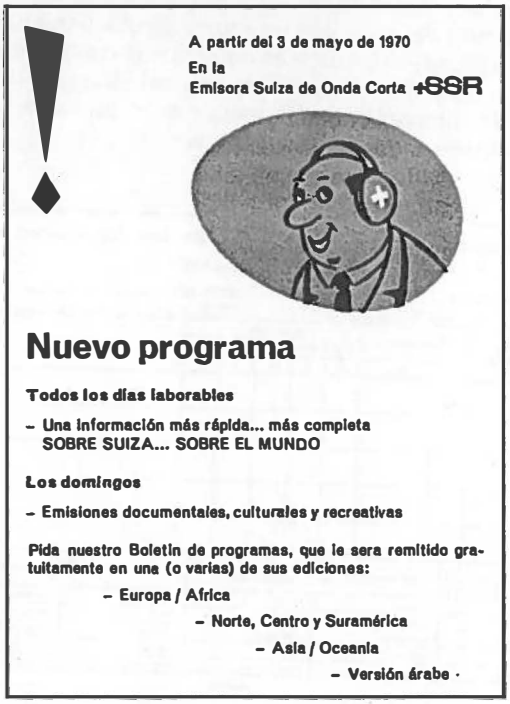
| Dic. de val. | Potencia de voz | QSA | Interferencias | QRM | Molestias atmosféricas | QRN | Desvanecimiento | QSB | Comprensibilidad | QRK |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Excelente | | Nada | | Nada | | Nada | | Excelente | |
| 4 | Buena | | Débil | | Débil | | Débil | | Buena | |
| 3 | Mediana | | Mediana | | Mediana | | Mediana | | Aceptable | |
| 2 | Débil | | Fuerte | | Fuerte | | Fuerte | | Comprensible | |
| 1 | Muy débil | | Muy fuerte | | Muy fuerte | | Muy fuerte | | Incomprensible | |

Dirección: .....
Nombre: .....

Figura 18.9 Muestra de un informe de recepción.







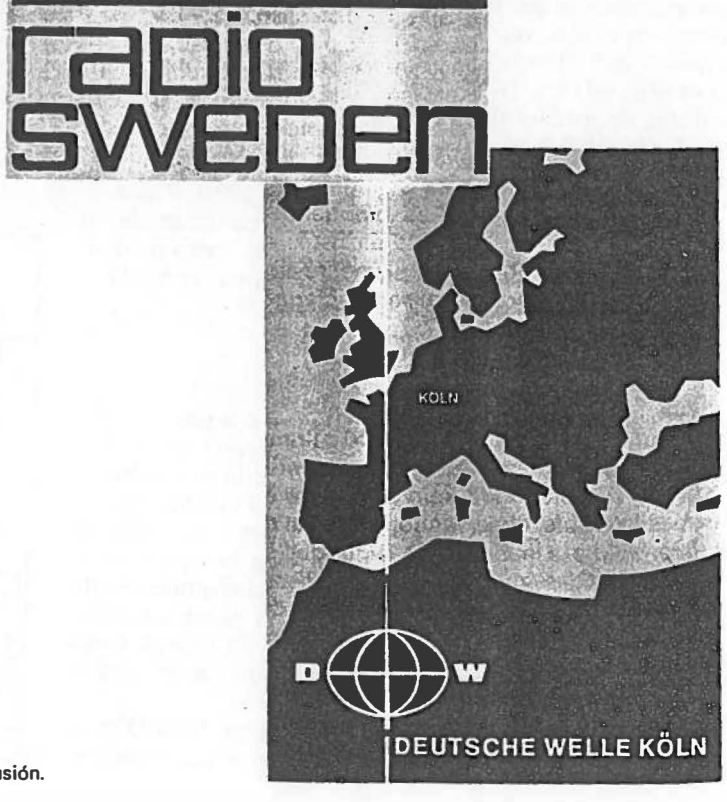







Figura 18.10 Diversos QSL de distintas estaciones emisoras de radiodifusión.

Quienes estén interesados en conocer más sobre la propagación en onda corta pueden solicitar el *«Curso de Propagación de onda corta»* a *Radio Nederland-Hilversum (Holanda) Apartado 222.*

## 18.8 EMISORAS EXTRANJERAS QUE EMITEN EN ESPAÑOL

| *Hora GMT* | *Emisora* | *Bandas* |
|---|---|---|
| 05.00-06.00 | Varsovia, Polonia | 41 y 49 m |
| 06.30-07.00 | Radio Tirana, Albania | 41 y 31 m |
| 07.00-07.45 | Radio Vaticano | 49 y 41 m |
| 07.30-08.30 | Radio Habana, Cuba | 19 m |
| 09.25-09.30 | NRK, Noruega | 25 y 49 m (*) |
| 10.30-11.45 | Radio Habana, Cuba | 19 m |
| 11.15-12.00 | Radio Vaticano | 49 m |
| 11.30-14.00 | V.O.A. USA | 31,25,19,16 |
| 12.30-13.00 | Radio Tirana, Albania | 25 y 31 m |
| 13.00-13.15 | TWR, Mónaco | 41 m |
| 13.25-13.30 | NRK, Noruega | 16 m (*) |
| 13.30-14.20 | Radio Nederland, Holanda | 50, 49, 31 y 25 metros. |
| 14.00-14.25 | Radio Budapest, Hungría | 13, 21, 16, 25, 19, 31 41, 49 m |
| 14.00-14.15 | Radio Vaticano | 25,31,41,49 m |
| 14.30-15.00 | Radio Varsovia, Polonia | 19,25,31 m |
| 15.00-15.45 | ORF, Radio Austria, Viena | 49, 31 m |
| 15.25-15.30 | NRK, Noruega | 16,19,31 m (*) |
| 17.00-17.30 | Radio Tirana, Albania | 25 y 31 m |
| 17.25-17.30 | NRK, Noruega | 13 y 16 m (*) |
| 18.00-18.30 | Radio Praga, Checoslovaquia | 50 y 41 m |
| 19.00-19.15 | Radio Israel | 19, 25 m |
| 19.00-19.30 | Radio Moscú, URSS | 25,31,41 m |
| 19.00-19.30 | Radio Varsovia, Polonia | 41, 31 m |
| 19.00-19.30 | Radio Tirana, Albania | 25 y 31 m |
| 19.10-19.15 | Radio ONU, EE.UU. | 19,25 m |
| 19.25-19.30 | NRK, Noruega | 19,45,29 m (*) |
| 19.25-19.45 | La Voz de Alemania | 41, 49 m |
| 19.30-20.00 | Radio Praga, Checoslovaquia | 49 m |
| 19.40-21.40 | Radio Habana, Cuba | 16, 19 m |
| 20.00-21.00 | RAE, Argentina | 25 m |
| 20.00-20.30 | Radio Bucarest, Rumania | 41,31,25 m |
| 20.00-22.00 | HCJB, Quito, Ecuador | 25 m |
| 20.00-20.30 | Radio Moscú, URSS | 49,41,31 m |
| 20.30-21.00 | Radio Suecia, Estocolmo | 25 m |
| 21.00-22.00 | Radio Argel | 19, 25, 31 y 41 m. |
| 21.00-21.30 | Radio Praga, Checoslovaquia | 49 m. |
| 21.15-22.15 | La Voz de Alemania | 41, 49 m. |
| 21.30-22.00 | Radio Nederland, Holanda | 49, 31 m |
| 21.30-22.00 | Radio Suiza, Berna | 49, 31 m |
| 21.30-22.30 | Radio Bucarest, Rumania | 41, 31 m. |
| 21.30-22.30 | Radio Pekín, China | 31 y 25 m. |
| 21.50-22.10 | RAI, Roma, Italia | 41-49 m. |
| 22.00-22.30 | Radio Tirana, Albania | 41 y 31 m. |
| 22.05-23.30 | WYFR Family Radio, EE.UU. | 25, 31 m. |
| 22.15-22.30 | Radio Mesías | 31 m. |
| 22.15-23.00 | BBC, Londres, Inglaterra | 41,49,75 m. |
| 22.30-24.00 | Radio Suecia, Estocolmo | 31 m. |
| 22.30-23.00 | Radio Portugal, Lisboa | 49, 31 m. |
| 22.30-23.00 | Radio Belgrado, Yugoslavia | 49,41,31 m. |
| 22.30-22.45 | Radio Vaticano | 49,41,31 m. |
| 22.30-23.30 | V.O.A. USA | 31,25,19 |
| 23.00-23.30 | Radio Budapest, Hungría | 49,41,31,25 m |
| 23.00-24.00 | Radio Moscú, URSS | 25,31,41 m. |
| 23.00-24.00 | Radio Suecia, Estocolmo | 31 m. |
| 23.00-24.00 | Radio Francia Internacional | 49 m. |
| 23.10-24.00 | Radio Austria, Viena | 50, 25, 19 m. |
| 23.25-23.50 | NKR, Noruega | 25 m. |
| 23.30-24.00 | La Voz de Chile, Chile | 16, 19 m. |
| 23.30-24.00 | Radio Sofía, Bulgaria | 41, 31, 25 m. |
| 23.45-24.00 | BRT-4 Bruselas, Bélgica | 31 m. |
| 24.00-24.50 | La Voz de China Libre, Taiwan | 16 m. |
| 24.00-01.00 | Radio Nacional de Venezuela | 49, 19 m. |

(*) sólo sabados

Indudablemente no son éstas todas las emisiones en onda corta en español, pero sí las más importantes y la mayoría de ellas las que suelen llegar mejor a España.

## 18.9 ESTACIONES DE FRECUENCIA PATRON Y SEÑALES HORARIAS

Estas estaciones son muy útiles para ajustar frecuencias en los receptores que tal ajuste sea factible, y para poner los relojes en hora al segundo. Sus potencias de transmisión son generalmente bajas, alcanzando como máximo los 15 kW.

*ATA* — *New Delhi-India* en 10000 kHz de 05.30 a 09.30.

*BMV* — *Instituto Hidrográfico Alemán (Hamburgo-Alemania)* 2775, 6475,5, 12763,5, 4265, 8638,5, de 23.55 a 06.00, 2164, 2775, 8638,5, 16.980 kHz de 11.55 a 12.06 horas.

*BPM* — *Shangai* 6114,5, 8502, 12871,5 kHz. 02.55-03.00, 08.55-09.00 GMT.

*BSF* — *Standard Frequency (Taiwan).* En 5.000 y 15.000 kHz de 01.00 a 09.00 en los minutos 29, 39, 59, 60 de cada hora.

*Bureau* *International de l'heure (Paris-Francia).* FTH42 7428 kHz de 09.00-21.00 FTK77 10775 kHz de 08.00 a 20.00

*CHU* — *National Research Council (Canadá).* Continuamente en 3.330, 7.335 y 14.670 kHz.

*FFH* — *Centre National D'Etudes des Telecomunications (Francia),* 2.500 kHz. de 08.00 a 16.25. Identificación en morse a los 0, 10, 20, 30, 40 y 50 minutos.

*IAM* — *Instituto Superiore (Roma).* De lunes a sábado de 07.30 a 08.30 y de 13.00 a 14.00 en 5.000 kHz.

*IBF* — *Instituto Electtrotecnico Nazional (Torino - Italia).* Diario en 5.000 kHz. 06.45-07.00 vaya 15 minutos precediendo a las horas 09.00 hasta las 18.00. Después del bit de la hora repite la identificación en italiano, inglés y francés.

*JJY* — *Radio Research Laboratories (Tokyo-Japón).* En 2500, 5000, 10000 y 15000 kHz. Para la transmisión entre los minutos 29-34. Cada hora se identifica en morse y fonía.

*LOL* — *Observatorio Naval. (Buenos Aires - Argentina).* Transmite en 5000, 10000 y 15000 kHz a las 00.00, 12.00, 15.00, 18.00 y 21.00.

*MEC* — *Radio Relogico Federal (Rio-Brasil).* 8634, 13105,5, 17194,4, en horas 00.55-01.00, 01.05-01.10.

*MSF* — *Servicio Frecuencia Estándar (Gran Bretaña).* En 2500, 5000 y 10000; transmisión continua interrumpida en los minutos 5—91/2, 15—191/2, 15—291/2, etc.

*OMA* — *Astronomical Institute (Checoslovaquia),* 2500 y 3170 kHz las 24 horas.

*VNG* — *Melbourne - Australia* en 4500 kHz de 09.45 a 21.30, en 7500 kHz de 09.45 a 22.30 y en 12000 kHz de 21.45 a 09.30.

*WWV* — *Station Radio WWV - (Colorado-EE.UU.).* Las 24 horas en 2500, 5000, 10000, 15000, 20000, 25000 kHz. Emite predicciones de propagación para HF, para la zona de EE.UU.

*WWHV* — *Hawai-USA.* Transmite continuamente en 2500, 5000, 10000, 15000 y 20000 kHz.

*YVTO* — *Observatorio Cacigal (Caracas-Ven.).* En 6100 kHz en las 24 horas con intervalos de 5 minutos.

## 18.10 EMISORAS UTILITARIAS DE DIEXISMO

Muchos diexistas descubren que después de haber explorado las bandas de radiodifusión durante varios años,

les resulta muy difícil añadir más países nuevos a sus totales. Aparte del hecho de que, debido a varias razones, la recepción de radiodifusión será imposible desde ciertos países durante un período más o menos largo, las estaciones de algunos países, en parte por su poca potencia, nunca serán oídas, pero las estaciones utilitarias pueden cubrir este vacío.

Las emisoras utilitarias hay que buscarlas en los segmentos de banda fuera de la zona de radiodifusión y aficionados.

La onda corta ofrece una gran variedad de señales, desde radioenlaces de aeropuertos, boletines meteorológicos para barcos, señales de teletipo (como es lógico sólo decodificables con aparato adecuado). Estaciones punto a punto, de servicio privado, estaciones radiotelefónicas marítimas, etc.

Estas estaciones no están interesadas en recibir informes de recepción; por consiguiente, el diexista que quiera conseguir una confirmación deberá confeccionar un informe con el mayor detalle posible, para demostrar que se ha oído la emisora, y deberá copiar detalles de la transmisión escuchada.

El informe deberá ser lo más personal posible, e incluir un IRC (cupón de respuesta internacional, que se adquiere en correos) y a ser posible escribirlo en el idioma del país o, de no conocerlo, en inglés, que seguramente conocerá.

### 18.10.1 Utilitarias banda marítima

Las bandas marítimas (móviles) son aquéllas asignadas para las comunicaciones entre barco-y-costa, costa-y-barco, y entre barcos.

La frecuencia de llamada y de socorro es la de 2182 kHz, y en sus alrededores pueden escucharse comunicaciones. Los barcos de gran tonelaje suelen llevar equipo para funcionar en las frecuencias de 4,0 a 4,4; 6,2 a 6,5; 8,2 a 8,8; 12,3 a 13,2; 16,5 a 17,4; y 22,0 a 22,7 MHz.

Aunque no es obligatorio, la mayoría de los barcos llevan equipos de VHF para la comunicación con la capitanía del puerto, práctico, etc. La frecuencia asignada en VHF es de 155 a 165 MHz. La frecuencia de llamada se realiza por el canal 16 (156,800).

Las estaciones que se reciben en Cataluña son principalmente tres: Bagur con canal 16 para símplex y canales 26 y 27 para dúplex telefónico.

Barcelona que utiliza además el canal 12 (156,600) para símplex portuario.

Marmella (Tarragona) con las mismas frecuencias que Bagur.

Las conversaciones en dúplex (transmisión y recepción simultánea) se efectúan en el canal 26 (157,300 y 161,900) y en el canal 27 (157,350 y 161,850).

Las comunicaciones telefónicas en onda corta se pueden escuchar a través de la estación de Pozuelo del Rey en 8404, 8771, 13176 y 17332 kHz para comunicaciones internacionales y 4104, 8236, 12396 y 16526 kHz para barcos españoles.

### 18.10.2 Utilitarias tráfico aéreo

La aviación tiene enlaces en VHF para cortas distancias y HF para vuelos sobre zonas sin aeropuertos. Las frecuencias utilizadas son de 118 a 136 MHz.

En la banda de VHF es fácil copiar por los alrededores de Barcelona 121,700 y 127,700 correspondientes a la pista del Prat, en 119,100 se escucha la aproximación, las órdenes de mantenerse o bajar, la pista en que aterrizar, etc. En 127,600 constantemente se transmite el servicio meteorológico en inglés, francés y castellano, informan del tiempo de Barcelona, Gerona, Palma de Mallorca, Alicante, Ibiza, Valencia, Madrid, Reus, Menorca, Marsella, Niza y Toulouse.

En onda corta hay servicio meteorológico aproximadamente en 3000, 5560, 8830, 11200, y 13265. Pueden escucharse señales relacionadas con la aviación en 11273, 11242, 11222, 11206, y 5727, además de 8715, 8987 y 11231 kHz.

No obstante las frecuencias señaladas, hay que realizar un rastreo por los alrededores de las mismas, dado que en 12, 8 y 5 MHz hay varios canales asignados para los vuelos sobre el Atlántico.

Los aviones se identifican con el nombre de la compañía y el número de vuelo.

### 18.10.3 Otras emisoras utilitarias

Se ha escuchado emisiones en las siguientes frecuencias:

| | | |
|---|---|---|
| 5783 | Indicativo OUA | Emisión desde Dinamarca |
| 5800 | FDC | Francia |
| 10350 | ZUD75 | Sudáfrica |
| 11477 | TNH4 | Congo |
| 15780 | ELE15 | Liberia |
| 18295 | TZA218 | Mali |
| 18368 | CQK55 | Santo Tomé |
| 18640 | YAK | Afganistán |
| 18738 | 5TN244 | Mauritania |
| 20128 | TUA320 | Costa de Marfil |

Como se puede comprender es un campo casi inagotable.

## 18.11 VHF

Al hablar de las bandas marítimas y de las de aviación, hemos visto que para el que le gusta oír radio, en VHF tiene también un campo de exploración: comunicaciones telefónicas desde coche-domicilio, radio-taxis, ambulancias, bomberos, policía, compañías de servicios, sonido del canal 4 de TVE, etc.

Para la captación de estas frecuencias se puede recurrir a los equipos de «surplus» esenciales para las bandas marítima o de aviación y con los correspondientes conversores llegar a mayor número de frecuencias.

Comercialmente en España se encuentran un par de equipos adecuados para la escucha de VHF. El Bearcat 220 tiene cobertura en las siguientes gamas: de 66 a 68 MHz; de 118 a 136, de 144 a 174; de 420, 450 a 512,450 MHz. Búsqueda automática en 10 o 20 canales preseleccionados, squelch, canal de preferencia, etc.

## 18.12 BIBLIOGRAFIA

[1] Portaveu de la Agrupació de Radioafeccionats de Calella.
[2] Receptor del Atlántico DX Club
[3] Casi todo en Diexismo de Radio Nederland
[4] RBSWC DX News Boletín de Radio Budapest
[5] Revista URE

# concursos mundiales de radioaficionados 19

*Julio Isa García*

## 9.1 CONCURSOS DE RADIOAFICIONADOS

Los concursos constituyen la parte deportiva de la actividad de los radioaficionados. La IARU (International Amateur Radio Union) concede una gran importancia a este apartado de la actividad de los radioaficionados, ya que los concursos fomentan el avance técnico y la capacidad de los operadores. También constituyen una forma de mantener las bandas ocupadas y evitar las tentaciones de ocupación por parte de otros servicios.

La mayoría de concursos de radioaficionados se desarrollan a base de establecer el mayor número posible de comunicados en un tiempo predeterminado y de acuerdo con unas bases que deben respetarse escrupulosamente. Asimismo es obligatorio respetar las normas legales, tanto las del propio país como las internacionales, referentes al uso de estaciones de aficionado.

Existen concursos de todos los tipos y para todos los gustos, desde pequeños concursos locales, con algunas decenas de estaciones, hasta los grandes concursos mundiales con decenas de miles de estaciones.

Es evidente que, a mayor número de estaciones, la dificultad es mayor, y los grandes concursos mundiales constituyen un verdadero reto, tanto para el operador como para el equipo que utiliza.

En el resto del capítulo nos vamos a referir casi en exclusiva a los grandes concursos internacionales, ya que, referirse a todos los concursos existentes rebasaría el propósito de este libro y resultaría pesado para el lector.

## 9.2 TIPOS DE CONCURSOS

Como se dice en el apartado anterior, existen gran variedad de concursos. Sin embargo, todos los concursos son muy parecidos entre sí, ya que la experiencia ha llevado a los organizadores a realizar un tipo determinado de concursos que son los que tienen mayor aceptación.

La primera diferencia radica en las estaciones con las que es posible contactar en un concurso:

*Concursos «todos contra todos».* Son aquéllos en que es posible contactar con cualquier estación aceptada en el concurso. O sea, todas las estaciones participan en igualdad de condiciones y sin diferencias entre ellas. Se establece una sola clasificación para todas las estaciones.

*Concursos «todos contra...».* En este tipo de concursos, un determinado tipo de estaciones (de un continente, un país o una ciudad) compiten contra todos los demás. Por ejemplo, «todos contra Europa», o «Europa contra todos» que es lo mismo. Se establecen dos clasificaciones, una para cada parte.

Una segunda clasificación de los concursos viene dada por el ámbito geográfico o las características técnicas del concurso, así tenemos:

*Concursos mundiales.* En los que son admitidas todas las estaciones del mundo. Son válidos todos los contactos con cualquier estación del mundo.

*Concursos continentales.* Son aquéllos en los que un continente compite contra el resto del mundo.

*Concursos nacionales.* Existen dos posibilidades:

*a*) Concurso internacional de un determinado país. Todas las estaciones de ese país compiten contra el resto del mundo. Existen muchas variantes, ya que a veces también es posible el comunicado entre estaciones del resto del mundo o bien las estaciones del país organizador pueden contactar entre sí, pero lo más normal es que los contactos sean entre ese país y el resto del mundo.

*b*) Concurso nacional. Sólo son válidos los contactos entre estaciones del propio país.

*Concursos regionales, locales o de club.* Son como los nacionales, pero el ámbito geográfico es menor o bien sólo son válidos los contactos con estaciones miembros de un determinado club o sociedad.

*Concursos especiales* Son los concursos en bandas de VHF y superiores o en banda de 160 m, que por sus características especiales quedan un poco al margen de los concursos normales, tanto en técnicas de operación como en equipos y antenas. También entran en este apartado los concursos de modalidades especiales de comunicación como el RTTY y SSTV.

En algunos casos es muy difícil clasificar un concurso en una categoría, ya que tiene características que lo hacen parecer de varios grupos, bien sea por sus bases o bien por lo que en realidad ocurre durante el concurso.

## 19.3 BASES DE LOS PRINCIPALES CONCURSOS MUNDIALES

En este apartado vamos a ver las bases de los concursos mundiales de mayor prestigio.

El primero de ellos es sin duda el CQ WW, organizado por la revista CQ. Es el concurso más prestigioso de cuantos se celebran a lo largo del año. Es el típico concurso de «todos contra todos» y el número de estaciones que toman parte en él es enorme. Se le conoce como «el mundial». No es un concurso muy apropiado para principiantes, si bien permite realizar comunicados con países raros, ya que cada año se hacen expediciones con motivo de este concurso. Obtener uno de los primeros lugares en este concurso constituye uno de los mejores éxitos que puede lograr un radioaficionado.

En segundo lugar está el CQ WW WPX o concurso de los prefijos. También organizado por la revista CQ. Se parece al anterior con la particularidad de que el multiplicador son los

prefijos de cada indicativo (EA3 es distinto de EA4). Tiene menos prestigio que el mundial, pero también es un gran concurso.

Después vienen los dos últimos concursos de carácter mundial, el de la ITU y el de la IARU. Son concursos con bastante menos participación que los anteriores, pero muy interesantes, especialmente para el principiante.

A continuación vienen los tres concursos de carácter continental, el europeo, el asiático y el de Oceanía. El europeo es uno de los grandes concursos del año debido al gran número de estaciones que participan. El sistema de los QTC (ver bases) exige una buena técnica de operación, especialmente en CW.

Se incluyen también los dos concursos nacionales de EE.UU. y URSS:

1) El concurso ARRL, si bien es un concurso nacional (sólo EE.UU. y Canadá), debido al enorme número de estaciones que toman parte en él tiene categoría casi de concurso continental.

2) El concurso de la URSS, si bien por las bases es un concurso mundial, en realidad el mayor número de estaciones son de ese país.

Por último se incluye el concurso de VHF de la región 1.ª de la IARU que es el ejemplo por el que se rigen casi todos los concursos de estas bandas en Europa.

### 19.3.1 CQ WW DX CONTEST

Concurso Mundial de DX
FONIA: Ultimo fin de semana de octubre.
CW: Ultimo fin de semana de noviembre.

1. *Objetivo:* Para todos los radioaficionados del mundo, que deberán contactar con el mayor número de estaciones de tantas zonas y países como sea posible.
2. *Banda:* Todas las bandas, desde 1,8 hasta 28 MHz.
3. *Tipos de competición:* Se establecerán clasificaciones en las siguientes categorías:
   Operador único — Monobanda, eligiendo la banda que se desee.
   Operador único — Todas las bandas.
   Multioperador — Transmisor único.
   Multioperador — Multitransmisor. Todos los equipos de emisión deben encontrarse dentro de un círculo de 500 metros de diámetro, o confinados dentro de los límites de la propiedad del titular de la licencia.
4. *Número:* Se intercambiará un número compuesto por el RS(T), seguido de la zona correspondiente.
5. *Multiplicadores:* Será multiplicador cada país de la lista del DXCC y el WAE y cada zona CQ, siendo posible contar como tal cada país y cada zona diferente que se trabaje en cada una de las bandas.
6. *Puntos:* Cada contacto con una estación situada en el mismo continente contará *un punto.* Si la estación contactada está situada en otro continente se contabilizará como *tres puntos.* Como excepción citaremos que los contactos entre estaciones de Norteamérica cuentan como *dos puntos.* Los contactos con estaciones del mismo país cuentan *cero puntos,* pero puede realizarse QSO a efectos de ganar un multiplicador.
7. *La puntuación final:* Se obtiene del resultado de la suma de puntos obtenidos por QSO, multiplicado por el número de multiplicadores.
8. *Diplomas:* Se otorgará al primer clasificado de cada país. También una larga lista de trofeos que anualmente publica la revista CQ, otorgados al primer puesto absoluto de cada categoría continente, expedición, etc.
9. *Listas:* Deben consignarse los indicativos de cada estación con el número enviado y recibido. Todas las horas deben ir en GMT. Deben eliminarse los QSO duplicados, ya que un exceso de duplicados, así como QSO no verificables, pueden determinar la descalificación del participante. Debe usarse una hoja de «log» diferente para cada banda. Es necesario realizar una hoja resumen en la que se indican el nombre del o de los operadores, el indicativo de la estación, categoría en que se participa y toda la información sobre la puntuación (parcial y total), multiplicadores (banda por banda y en sumas totales) y la puntuación final obtenida, de acuerdo con lo expuesto en el punto 7 de estas bases. Los contactos duplicados, una vez eliminados, deben consignarse claramente en la hoja de «log», y en una parte especial para este fin.
   Existe un modelo oficial que puede ser utilizado y que contiene 80 QSO por hoja. Este puede solicitarse con sobre autodirigido e IRC correspondientes al Comité de Concursos de CQ.
10. *Descalificación:* Toda violación de las reglas del concurso, conducta poco deportiva, número excesivo de duplicados y multiplicadores o QSO inverificables pueden determinar la descalificación. Las decisiones del Comité de Concursos son inapelables.
11. *Los «logs»* deberán enviarse antes del 1 de diciembre los de fonía y antes del 15 de enero los de telegrafía, indicando en el sobre SSB o CW, según corresponda, a la siguiente dirección: 76 North Broadway, Hicksvillle, NY 11801. Estados Unidos.

### 19.3.2 Concurso Anual CQ WW WPX

SSB: Marzo, último fin de semana completo - CW: Mayo, último fin de semana completo.

1. *Duración:* Desde las 00.00 GMT del sábado hasta las 24.00 GMT del domingo.
   Las estaciones de operador único sólo pueden trabajar 30 de las 48 horas como máximo. Las 18 horas de descanso pueden completarse en un máximo de cinco períodos de cualquier duración, los cuales deben indicarse claramente en las listas. Las estaciones multioperador pueden trabajar las 48 horas.
2. *Objeto:* Comunicar con el mayor número posible de estaciones de otras partes del mundo.
3. *Bandas:* Se pueden usar todas las bandas desde 1,8 a 28 MHz.
4. *Tipo de competición:* 1) Operador único: *a*) todas las bandas, *b*) banda única. 2) Multioperador, sólo todas las bandas: *a*) transmisor único (permitida sólo una señal), *b*) multitransmisor (permitida una señal por banda).
5. *Intercambio SSB:* Control RS más un número de tres cifras comenzando por el 001 (ejemplo: 59001). CW: RST más un número de tres cifras empezando por el 001. Si se pasa de 1000 continuar con cuatro cifras. Las estaciones multitransmisor llevarán numeración separada por cada banda.
6. *Puntos: a*) Contactos entre estaciones de continentes distintos: tres puntos en las bandas de 14, 21 y 28 MHz y seis puntos en las bandas de 1,8, 3,5 y 7 MHz.
   *b*) Contactos entre estaciones del mismo continente, pero de distinto país: un punto en 14, 21 y 28 MHz y dos puntos en 1,8, 3,5 y 7 MHz. (Excepción: los contactos entre distintos países de Norteamérica cuentan 2 puntos en 14, 21 y 28 MHz y 4 puntos en 1,8, 3,5 y 7 MHz.)

*c*) Se permiten los contactos entre estaciones del mismo país, con objeto de conseguir un prefijo multiplicador, pero no puntúan.
*d*) Una estación en un distrito distinto del indicado por su indicativo debe trabajar como portable. En la sección 7 se explica el prefijo de los portables.

7. *Multiplicador:* Se determina por el número de prefijos distintos trabajados. Un prefijo cuenta una sola vez durante el concurso independientemente de cuantas veces se haya trabajado el mismo. Se considera prefijo la combinación de dos o tres letras/números que forma la primera parte del indicativo (N2, W2, WA2, AA6, WD8, W0, 4X4, DL7, G3, 15, IT9, etc.). Si son portables cuenta el sufijo: K4IIF/KP4 cuenta como KP4, W4BPD/W7 cuenta W7.
Cuando el sufijo no lleva número se le asigna el 0. Ejemplo: WA6QGW/JX cuenta como JX0.
Se invita especialmente a participar a las estaciones con prefijos únicos o especiales (conmemorativos o acontecimientos especiales).
8. *Puntuación: a*) Operador único: *i*) todas las bandas: total de puntos de QSO de todas las bandas multiplicado por el número de prefijos distintos trabajados. *ii*) Banda única: puntos de QSO en esa banda multiplicado por el número de prefijos distintos trabajados.
*b*) Multioperador: La puntuación es igual que para operador único en toda banda.
*c*) Cada estación se puede trabajar una vez en cada banda. Sin embargo, el prefijo cuenta sólo una vez, independientemente de en cuantas bandas se haya trabajado.
9. *Sección QRP:* Operador único solamente. Para competir en esta sección la potencia de salida no debe exceder de cinco vatios. En la hoja de resumen debe indicar QRP y la máxima potencia de salida usada en el concurso.
Los resultados se publicarán en lista separada y se concederán diplomas a las estaciones con mayor puntuación, según la sección 10. En estos diplomas se indicarán QRP y la potencia usada. Para la obtención de dichos diplomas sólo se contabilizarán las estaciones QRP.
Las otras reglas contenidas en las bases de este concurso son aplicables a esta sección.
10. *Diplomas:* Se concederán a las estaciones con mayor puntuación en cada categoría especificada en la sección 4:
*a*) En cada país.
*b*) En cada distrito en EE.UU., Canadá, Australia y URSS Asiática.
Se publicarán todas las puntuaciones. Para tener derecho a diploma las estaciones de operador único deberán demostrar un mínimo de doce horas de operación y las multioperador un mínimo de veinticuatro horas.
Un «log» de banda única califica para un solo diploma. Si un «log» contiene más de una banda se juzgará como participante en todas las bandas, excepto si se especifica otra cosa. Sin embargo se requiere un mínimo de doce horas en la banda única especificada.
En los países en los que el número de participantes lo justifique se concederán diplomas a los segundos y terceros clasificados.
11. *Trofeos y placas:* Para las puntuaciones más altas: SSB:
*a*) Mundial — operador único, banda única.
*b*) Mundial — operador único, todas las bandas.
*c*) Mundial — multioperador, transmisor único.
*d*) Mundial — multioperador, multitransmisor.
*e*) Mundial — competición de clubs.
*f*) Mundial — QRP—operador único.
*g*) Mundial — operador único, 21 MHz.
*h*) Mundial — placa a la expedición especialmente organizada para este concurso que el jurado considere más dificultosa. Se deben recibir un mínimo de tres «log» en esta categoría. CW:
Igual que 1, 2, 3, 4, y 8 de SSB.
Sólo se puede ganar el mismo trofeo una vez cada dos años.
12. *Competición de CLUBS:* Cada año se otorgará un trofeo al club o grupo que consiga una mayor puntuación sumando la de los «log» enviados por sus miembros. El club debe ser un grupo local, no una organización nacional. La participación está limitada a los miembros que operen desde un área geográfica local (excepción: las expediciones DX especialmente organizadas para participar en el concurso manejadas por miembros). Indique el club al que pertenece. Para ser computado es necesario recibir un mínimo de tres «log» del mismo club.
13. *Instrucciones para las listas: a*) Todas las horas deben ser GMT. Se debe indicar claramente los períodos de descanso (18 horas).
*b*) Sólo se especificarán los prefijos multiplicadores la primera vez que se trabajen.
*c*) Se deben comprobar las listas para eliminar contactos y prefijos multiplicadores duplicados. Las listas deben enviarse en su forma original, con las correcciones claramente indicadas.
*d*) Una lista de comprobación de prefijos no sólo es deseable, sino que es un deber para una apropiada operación en el concurso (se recomienda que se envíe junto con el «log»)
*e*) Cada lista debe ir acompañada de una hoja resumen con toda la puntuación por bandas, horas de descanso, categoría de competición y el nombre y dirección postal del concursante en letras mayúsculas.
También una declaración firmada de que se han observado todas las reglas del concurso, así como las reglamentaciones de los radioaficionados en el país del concursante.
*f*) En CQ se pueden conseguir los impresos oficiales de listas y hojas resumen. Acompañe a su petición un sobre grande autodirigido con suficiente IRC.
Si no puede conseguir los modelos oficiales haga su propia lista con 40 contactos por hoja.
14. *Descalificaciones:* Por violación de la reglamentación de los radioaficionados en el país del concursante, o de las reglas del concurso, conducta antideportiva, acreditación de excesivos contactos duplicados, QSO o multiplicadores inverificables. Las acciones y decisiones del jurado del concurso son oficiales y definitivas.
15. *Admisión:* Deben depositarse las listas en el correo hasta el 10 de mayo para la sección de SSB y hasta el 10 de julio para la sección de CW. Indique en el sobre SSB o CW. Envíelas lo antes posible.
Las listas se deben enviar a: CQ WPX Contest Committee, 76 North Broadway, Hicksville, NY 11801, Estados Unidos.

### 19.3.3 Concurso «Día Mundial de las Telecomunicaciones». Trofeo ITU

1. *Definición:* Este concurso, organizado por LABRE (Liga de Amadores Brasileiros de Radio Emissao), es de

ámbito internacional y fue instituido para conmemorar anualmente el «Día Mundial de las Telecomunicaciones» (17 de mayo).

2. *Objetivo:* Cada participante debe intentar realizar el mayor número de contactos posibles con las diferentes zonas ITU del mundo, para conseguir ganar para su país el Trofeo ITU.
3. *Períodos:* Fonía: De las 00.00 GMT a las 24.00 GMT del segundo sábado de mayo. CW: De las 00.00 GMT a las 24.00 GMT del tercer sábado de mayo.
4. *Modos de emisión:* Fonía y CW.
5. *Bandas:* 80, 40, 20, 15 y 10 metros.
6. *Categorías: a*) Operador único – Multibanda.
   *b*) Los clubs de radioaficionados y las asociaciones serán consideradas como participantes especiales: multioperador/multibanda. Se clasificarán en categoría aparte. El vencedor de cada país en cada modo recibirá un diploma. El primer clasificado del mundo en cada modo (fonía y CW) recibirá una placa de plata. Todos los operadores de la estación del club o asociación deberán firmar las listas.
7. *Intercambio:* RS(T) más zona ITU (Ejemplo: Fonía.— 5937; CW.— 59937). Nota: EA es zona 37, excepto EA8 que es zona 36.
8. *Puntos:* Contactos con estaciones:
   *a*) del mismo país, en cualquier banda: 0 puntos, pero contará la zona.
   *b*) de otros países:
   — en la misma zona ITU: 1 punto.
   — en otra zona ITU del mismo continente: 3 puntos.
   — en otra zona ITU de otro continente: 5 puntos.
   Puntuación final: La suma de los puntos de QSO multiplicada por el número de zonas ITU trabajadas.
   Se puede comunicar con la misma estación en distintas bandas, pero cada zona ITU contará con multiplicador una sola vez.
   Puntuación del país:
   1) En este concurso se considera país los determinados en la lista del DXCC de la ARRL.
   2) Para obtener la puntuación del país, se tomará la suma de puntos de los cinco primeros clasificados de dicho país en cada modo de operación (fonía y CW).
   Cuando se reciba menos de cinco listas de un país dado, se considerará la suma de puntos de las listas recibidas.
   3) No son válidas, a efectos de puntuación de país, las puntuaciones obtenidas por las estaciones de club o asociación.
9. *Premios:* Trofeo ITU: Al país que consiga la puntuación más alta, de acuerdo con lo especificado en el punto 8, apartado «puntuación del país». La posesión del trofeo será por 1 año: excepto cuando el país lo gane por 3 años consecutivos o 5 alternos, en cuyo caso quedará definitivamente en posesión de este país. Este trofeo será entregado a la asociación nacional representativa de los radioaficionados del país ganador.
   – Medallas: Se concederán medallas de oro, plata y bronce a los tres primeros radioaficionados del mundo en cada modo de emisión.
   – Diplomas: Al primer radioaficionado de cada país en cada modo de emisión.
   A juicio del jurado del concurso, se podrán conceder más diplomas por país, en caso de una gran participación.
10. *Listas:* Se enviarán listas independientes para cada modo de emisión.
    Las listas han de depositarse en Correos antes del 30 de junio dirigidas a: L.A.B.R.E. U.I.T. Contest Co-Ordination, P.O. Box 07-0004, 70.000 BRASILIA-DF, BRASIL.
    Para recibir directamente los resultados del concurso, se ruega enviar un QSL, en sobre con la propia dirección e IRC.
11. *Indicativos especiales:* Sería muy de desear la utilización de indicativos especiales ITU.

### 19.3.4 Campeonato Radiodeportivo de la IARU (IARU Radiosport Championship)

1. *Definición:* Pueden participar todos los radioaficionados del mundo en las categorías de operador único y multioperador-transmisor único. No se permite multitransmisor. Dentro de la categoría de operador único se incluyen las siguientes modalidades de competición: CW sólo, fonía sólo y fonía/CW (mixto). Los multioperadores deben participar en modo mixto.
2. *Período del concurso:* Desde las 00.00 GMT del sábado a las 24.00 GMT del domingo del segundo fin de semana de julio. Sólo se permite un máximo de treinta y seis horas en la categoría de operador único. Los períodos de descanso deben de ser, al menos, de treinta minutos de operación. No hay límite de tiempo para las estaciones multioperador, aunque una vez que una estación multioperador comience a trabajar en una banda determinada debe permanecer en la misma banda por lo menos durante diez minutos.
3. *Contactos válidos:* Todas las bandas de aficionados, desde 160 hasta 2 metros. Cada estación se puede trabajar una sola vez por banda, independientemente del modo. No están permitidos los contactos en bandas cruzadas. Los contactos hechos retransmitiendo una o ambas estaciones vía repetidor no son válidos. Los contactos con la propia zona ITU cuentan 1 punto; los contactos con estaciones de otra zona ITU en el propio continente cuentan 3 puntos, y con los otros continentes cuentan 5 puntos.
4. *Multiplicador:* La suma del número de zonas ITU diferentes trabajadas en cada banda.
5. *Intercambio:* RS(T) y zona ITU.
6. *Puntuación:* La puntuación final es igual al número de puntos de QSO por el multiplicador.
7. *Listas:* Las listas se deben enviar a IARU Headquarsters, Box AAA, Newington, CT 06111, EE.UU.
   Los participantes se comprometen a cumplir las bases del concurso, las normas de su licencia y las decisiones del jurado calificador. Las listas incompletas o ilegibles se considerarán como listas de comprobación.
   Toda estación que haya hecho más de 200 QSO debe adjuntar unas hojas de comprobación.
8. *Descalificaciones:* Si la puntuación declarada por el participante se reduce en 2 % o más, la lista será descalificada. La reducción de puntuación no incluye correcciones o errores aritméticos. Las reducciones de puntos pueden ser debidas a acreditar QSO y/o multiplicadores no confirmados, contactos duplicados, y otras discrepancias de puntuación.
   Las listas con más de un 2 % de contactos duplicados acreditados y aquéllas donde se altere en más de un 2 % el tiempo real de operación para incrementar los límites del tiempo, serán automáticamente descalificadas.
   Si un participante es descalificado, no podrá participar en el siguiente Campeonato Radiodeportivo. Los indica-

tivos de los participantes descalificados serán relacionados en los resultados del concurso, en la revista «QST».

Por cada contacto duplicado que se detecte por el jurado se deducirá una penalización de tres contactos. La penalización, sin embargo, no será incluida en el 2 % del criterio descalificador.

9. *Diplomas:* Se concederán a la más alta puntuación en CW, fonía y modo mixto, en cada zona ITU y en cada país del DXCC. Además se conceden diplomas y/o endosos por realizar 250 QSO, 1.000 QSO y/o un total de 50 o más multiplicadores. En caso de tener derecho a más de un diploma, sólo se concederá el de mayor categoría.
   NOTA: Están a disposición de los socios de URE las hojas resumen de este concurso, y pueden solicitarse al apartado 220 de Madrid.

### 19.3.5 Concurso europeo de DX

Organizado por el DARC (Radio Club Alemán de Radioaficionados) se celebra el segundo fin de semana de agosto para CW y el segundo fin de semana de septiembre para fonía. Las bases son las siguientes:

1. *Duración:* Cuarenta y ocho horas de concurso comprendidas entre las 00.00 GMT del sábado hasta las 24.00 GMT del domingo, en los fines de semana mencionados anteriormente.
2. *Categorías:* Se considerarán para la clasificación las categorías de operador único-multibanda y multioperador-transmisor único.
3. *Horas de operación:* En la categoría de operador único podrá operarse sólo 36 horas como máximo de las 48 que dura el concurso. Deben especificarse claramente en el «log» las 12 horas de descanso que han de tomarse necesariamente. Estas 12 horas pueden contarse de una sola vez o bien fraccionadamente, no permitiéndose más de tres períodos de descanso.
   En la categoría multioperador se permitirá la operación durante las 48 horas del concurso.
4. *Controles:* Se intercambiará un número de 5 o 6 cifras según sea SSB o CW respectivamente. El número estará compuesto por el control RS o RST acompañado de un número correlativo, que empezará por el 001.
5. *QSO:* Sólo serán válidos los contactos realizados entre estaciones europeas con otras *no europeas.*
6. *Puntuación:* Cada contacto cuenta *un punto.* Sólo se podrá trabajar cada estación *una sola vez* por *cada banda.*
7. *Multiplicador:* Cada país de la lista del DXCC cuenta como un multiplicador. Para las estaciones europeas contarán además como multiplicador cada una de las áreas o distritos de los siguientes países: JA, PY, VE, VO, W/K, VK, ZL, ZS, y UA9/0.
   El multiplicador según las bandas será el siguiente:
   3,5 MHz, multiplicador por 4.
   7 MHz multiplicador por 3.
   14/21/28 MHz multiplicador por 2.
8. *Tráfico de QTC:* Un QTC viene dado por el reportaje de un QSO realizado con anterioridad y que se envía después por una estación *no europea* a otra europea. Cada uno de estos QTC suman un punto más para ambas estaciones. Cada QTC debe comprender la hora, el indicativo y el número de QSO de la estación que está siendo reportada. Cada QSO puede ser reportado una sola vez durante el concurso. No pueden enviarse más de 10 QTC a una misma estación.
9. *Diplomas:* Se otorgará un diploma a las estaciones que obtengan la puntuación más alta en la clasificación de cada país. Trofeo también para todas las estaciones que alcancen por lo menos el cincuenta por cien de la puntuación lograda por el máximo clasificado del correspondiente continente. Por último, trofeo especial para cada uno de los máximos clasificados de cada continente.
10. *Lista de países europeos:* C31, CT1, CT2, DL, DM, EA, EA6, EI, F, FC, G, GD, GI, GJ, GM, GM Shetland, GU, GW, HA, HB9, HB0, HV, I, IS, IT, JW Bear, JW, JX, LA, LX, LZ, M1, OE, OH, OH0, OJ0, OK, ON, OY, OZ, PA, SM, SP, SV, SV Crete, SV Rhodes, SV Athos, TA1, TF, UA1346, UA2, UB5, UC2, UN1, UO5, UP2, UQ2, UR2, UA, Franz Josef Land, YO, YU, ZA, ZB2, 3A, 4U1, 9H1.
11. *LOG:* Se recomienda el uso de una hoja de «log» estándar para los concursos internacionales. Debe hacerse una lista separada para cada banda.
    Los «log» deberán enviarse ántes del 15 de septiembre para CW y del 15 de octubre para SSB a la siguiente dirección: WAEDC Committee., D-895 KAUFBEUREN Postbox 2318.

### 19.3.6 All Asian DX Contest

El motivo del concurso es fomentar la actividad de los radioaficionados en Asia y establecer el mayor número de contactos posible durante los períodos de concurso entre estaciones de Asia y fuera de ella.

1. *Período:* Fonía: De las 00.00 GMT del sábado a las 24.00 GMT del domingo del tercer fin de semana del mes de junio.
   CW: De las 00.00 GMT del sábado a las 24.00 GMT del domingo del tercer fin de semana de agosto.
2. *Bandas:* 160, 80, 40, 20, 15 y 10 metros.
3. *Categorías:* Monooperador, monobanda (banda de 160 metros, sólo en CW).
   —Monooperador, multibanda.
   —Multioperador, multibanda.
4. *Potencia, tipo de emisión y frecuencias:* Dentro de los límites de la licencia de la estación.
5. *Llamada de concurso:* Estaciones asiáticas llaman «CQ Contest» en fonía y «CQ test» en CW. Estaciones no asiáticas llaman «CQ Asia» en fonía y «CQ AA» en CW.
6. *Intercambio:* Estaciones OM: RS(T) más dos números indicando la edad del operador. Estaciones YL: RS(T) más dos ceros (00).
7. *Restricciones:* No está permitida la banda cruzada.
   Para las estaciones monooperador no está permitida la transmisión de dos señales al mismo tiempo.
   Para las estaciones multioperador sólo está permitido transmitir dos o más señales a la vez si es en diferente banda.
8. *Puntos y multiplicadores:* Para las estaciones no asiáticas:
   — Cada contacto completo con estaciones asiáticas, excluyendo las estaciones militares de EE.UU. en Lejano Oriente y Japón, cuentan como sigue:
   160 metros—3 puntos.
   80 metros—2 puntos.
   Otras—1 punto.
   — Cada uno de los diferentes prefijos asiáticos trabajados en cada banda, de acuerdo con las reglas del WPX,

contará como un multiplicador. Nota: Según el WPX el prefijo está formado por las 2 o 3 primeras letras o números del indicativo (JA1, JA3, 8Z4, etc.). Los indicativos con barra portable, cuentan para prefijo con el número que indique el portable (JA1AKH/7 cuenta como JA7). Los indicativos portables que no indiquen número cuentan como 0 (JA1AKH/p cuenta como JA0). Las estaciones JD1 en Ogasawara pertenecen a Asia. Las estaciones JD1 en Minami Torishima pertenecen a Oceanía.
Los contactos entre estaciones asiáticas o estaciones no asiáticas no cuentan ni para puntos ni para multiplicador.

9. *Puntuación:* Suma de los puntos QSO de cada banda multiplicada por la suma de multiplicadores de cada banda.
10. *Listas:* Se debe hacer constar: Fecha — Hora GMT — Indicativo — Controles — Multiplicadores (sólo la primera vez) — Puntos.
Se debe hacer una lista distinta para cada banda.
Se debe hacer una hoja resumen en la que se harán constar todos los datos del concurso más la declaración.
Se recomienda utilizar las listas oficiales. El modelo se puede solicitar a la Vocalía de Concursos. También se pueden utilizar las que tiene la URE.
11. *Premios:* Tanto en fonía como en telegrafía se entregará un certificado a las mayores puntuaciones en cada categoría, en cada país y en cada área de llamada de EE.UU., de acuerdo con el número de participantes de cada país:
*a*) Número de participantes hasta 10 — certificado sólo al primero.
*b*) Número de participantes entre 11 y 20 — certificado a los 2 primeros.
*c*) Número de participantes entre 21 y 30 — certificado a los 3 primeros.
*d*) Número de participantes superior a 30 — certificado a los 5 primeros.
El primer clasificado de cada continente en la categoría de monooperador multibanda, recibirá una medalla y un certificado del Ministro de Correos y Telecomunicaciones de Japón.
12. *Envío de listas:* Las listas deben enviarse a: J.A.R.L., P.O. Box 377, Tokyo central, Japón. Deben llegar antes de: *a*) el 30 de septiembre las de fonía y *b*) el 30 de noviembre las de CW.
13. *Descalificaciones:* Por violación de las reglas del concurso, por falsedad en las listas y por exceso de duplicados en la misma banda (por más del 2 % del total).
14. *Resultados:* Fonía, alrededor de febrero y CW, alrededor de abril.
Países de Asia: A4, A5, A6, A7, A9, AP, BV, BY, CR9, EP, HL/HM, HS, HZ/7Z, JA-JR, JD1 (Ogasawara Is.), JT, JY, OD, S2, TA, UA/UK/UV/UW9-0, UD6/UK6C.D.K., UF6/UK6F.0.Q.V., UG6/UK6G, UH8/UK8H, UI8/UK8A-G.I.L.0.T-Z, UJ8/UK8J.R., UL7/UK7, UM8/UK8M.N., VS6, VS9M/8Q, VU, VU (Andamán & Nicobar Is.), VU (Laccadive Is.), XU, XV/3W, XW, XZ, YA, Y1, YK, ZC4/5B4, 1S (Spratly Is.), 4S, 4W, 4X/4Z, 70 (S. Yemen), 70 (Kamaran Is.), 8Z4, 9K, 9M2 (West Malasia), 9N, 9V (Singapore), (Abu Ail).

### 19.3.7 VK/ZL. Oceanía DX Contest

1. *Período:* Fonía.: De las 10.00 GMT del sábado a las 10.00 GMT del domingo (Primer fin de semana completo de octubre).
CW.: De las 10.00 GMT del sábado a las 10.00 GMT del domingo (Segundo fin de semana completo de octubre).
2. *Puntuación:* Cada QSO con estaciones VK/ZL: 2 puntos. Cada QSO con estaciones de Oceanía distintas de VK/ZL: 1 punto.
3. *Puntuación final:* Total de puntos QSO × Suma de las áreas de llamada de VK/ZL trabajadas en todas las bandas. (Las áreas de llamada cuentan una vez por banda).
4. *Intercambio:* RS(T) más un número progresivo de 3 cifras empezando por el 001.
5. *Listas:* Deben hacer constar por este orden: Fecha-Hora GMT-Indicativo de la estación contactada-Banda-Control enviado-Control recibido. Subrayar cada nueva zona de llamada VK/ZL contactada y hacer lista separada por cada banda. Se hace una hoja resumen, que especifique: Indicativo-Nombre y dirección (en mayúsculas)-Equipo utilizado-Detalle banda por banda de los QSO, puntos y multiplicadores. Incluir firma y declaración de que se han respetado todas las normas y regulaciones, junto con la puntuación total.
6. *Premios:* Se concederán diplomas por cada país a:
— Ganador absoluto en toda banda.
— Diplomas separados para fonía y telegrafía.
— Se podrán conceder otros diplomas en función de la actividad y de las condiciones, a los segundos y terceros clasificados.
7. *Escuchas:* Sólo se puede reportar una estación VK/ZL en QSO y se deben anotar los siguientes detalles en la lista: Fecha-Hora-Indicativo de la estación VK/ZL oída-Indicativo del corresponsal-Control y número de serie enviado por la estación VK/ZL-Banda. La puntuación es igual que para los emisoristas así como la hoja resumen.
8. *Envío de listas:* Las listas deben enviarse antes del 31 de enero del siguiente año - (fecha matasellos) a: NZART Contest Manager, ZL2GX, 152 Lytton Road, Gisborne, New Zeland.
*Nota:* se agradecerá el envío de la propia lista aunque tenga pocos contactos.

### 19.3.8 Concurso de DX de la ARRL

1. *Participantes:* Todos los radioaficionados del mundo.
2. *Objetivo: a*) Para las estaciones W/VE, trabajar tantas estaciones en tantos países del DXCC como sea posible en las bandas de 1,8 a 30 MHz *b*) Para los extranjeros, trabajar tantas estaciones W/VE en el mayor número de estados y provincias como sea posible.
3. *Fechas:* CW, tercer fin de semana completo de febrero. Fonía, primer fin de semana completo de marzo.
4. *Período:* Cuarenta y ocho horas; de las 00.00 GMT del sábado a las 24.00 GMT del domingo.
5. *Categorías: a*) Operador único. Una persona realiza todas las funciones de operación y de listas. No está permitida la ayuda por parte de estaciones de escucha que adviertan de multiplicadores.
1. Toda banda.
2. Banda única. Se recomienda que los participantes en banda única que hagan contactos en otras bandas, envíen listas para comprobación.
*b*) Multioperador. 1. Un solo transmisor: un transmisor en cualquier banda durante el mismo período de tiempo. Las estaciones deben permanecer en una banda durante diez minutos después de que se haya realizado un contacto en esa banda, con una sola excepción: se puede usar otra banda (sólo una) durante el período de

tiempo de diez minutos, solamente si la estación trabajada es un nuevo multiplicador. 2. Multitransmisor: no hay límite, pero sólo se admite una señal en cada banda.
*c*) QRP. Operador único, exclusivamente. Se define QRP la estación con 10 vatios de potencia de entrada o menos (o 5 vatios de salida o menos).
6. *Intercambio: a*) Las estaciones W/VE, que incluyen los 48 estados continentales y provinciales de Canadá y no incluyen las islas canadienses de St. Paul y Sable, envían RS(T) y estado o provincia.
*b*) Las estaciones DX envían RS(T) y tres dígitos, indicando la potencia de entrada al paso final del equipo.
7. *Puntuación: a*) Puntos QSO: Cada QSO completo cuenta tres puntos.
*b*) Multiplicador. Suma de los estados USA (excepto KL7/KH6) y distritos de llamada de Canadá (VE1-7, VO, VE8/VY1) trabajados en cada banda. Máximo 57 por banda.
*c*) Puntuación final. Puntos QSO x multiplicadores.
8. *Notas: a*) Para que un QSO sea completo, ambas estaciones deben recibir los indicativos y el intercambio.
*b*) El indicativo debe indicar el país del DXCC en que se encuentre (EA3XXX/6 caso de operar desde Baleares, por ejemplo).
*c*) Un operador no debe usar más de un indicativo durante el período del concurso.
*d*) La misma estación sólo puede ser trabajada una vez por banda. No están permitidos el modo cruzado, la banda cruzada o los repetidores.
*e*) Las estaciones marítimas y aeronáuticas fuera de los Estados Unidos y Canadá, sólo pueden ser trabajadas por estaciones W/VE.
*f*) Todos los transmisores y receptores deben encontrarse en un círculo de 500 metros de diámetro a excepción de las antenas. Esto prohíbe el uso de instalaciones remotas.
Excepción: Las estaciones multioperador pueden usar redes para búsqueda de multiplicadores exclusivamente.
9. *Listas: a*) Se recomienda utilizar los impresos de la ARRL al confeccionar las listas (los que tiene la URE son muy parecidos).
*b*) Las listas deben indicar: hora GMT, banda, indicativo, intercambios, multiplicador (la primera vez). Las listas con más de 500 QSO deben incluir hoja de control de repetidos.
*c*) Se deben indicar todos los operadores de las estaciones multioperador.
*d*) Las listas deben ser enviadas antes del primer fin de semana de abril del año en curso. Se ruega a todas las estaciones enviar sus listas lo más pronto posible. Las listas que se reciban después de mediados de julio pueden no ser calificadas.
10. *Envío de listas:* Se enviarán a: ARRL 225 Main Street, Newington. 06111 Connecticut (EE.UU.).
11. *Premios: a*) Placas a los campeones de cada continente en cada categoría.
*b*) Certificados a los campeones de cada país en cada categoría.
*c*) Certificados a las estaciones que realicen más de 500 QSO.

### 19.3.9 CQ «M» - Concurso de la URSS

1. *Participantes:* Todas las estaciones del mundo.
2. *Fecha y período:* El segundo fin de semana de mayo de cada año, de las 21.00 GMT del sábado a las 21.00 GMT del domingo.
3. *Bandas:* de 3,5 a 28 MHz.
4. *Modos:* CW y SSB.
5. *Categorías:* Monooperador monobanda.
Monooperador multibanda.
Multioperador toda banda.
Escuchas.
6. *QSO válidos:* Son válidos todos los comunicados realizados en debida forma durante el tiempo del concurso, con cualquier estación. Sólo es válido un contacto con cada estación en cada banda, independientemente de que se haga en fonía o CW.
7. *Intercambios:* El intercambio consiste en el RS(T) seguido de un número de serie, empezando por el 001. Las estaciones de la URSS transmiten el R5(T) y el número de su provincia (oblast).
8. *Puntos:* Los comunicados con estaciones del mismo continente valen 1 punto. Los comunicados con estaciones de distinto continente valen 3 puntos.
Los comunicados con estaciones del propio país sólo cuentan a efectos de multiplicador, no de puntos.
9. *Multiplicador:* Cada país del R-150-S cuenta como un multiplicador en cada banda (Nota: la lista R-150-S es la misma del DXCC con el añadido de las oblast 002, 013, 014, 056, 084-089, 090-098, 159, UA1 Nueva Zembla, UA0 Islas Kuriles y UA0 Islas de Nueva Siberia. Los oblast 084 al 089 forman un solo país, así como los 090 al 098.).
10. *Puntuación:* Suma de los puntos de todos los QS0 multiplicada por la suma de multiplicadores de todas las bandas.
Los escuchas obtienen un punto si escuchan una estación y tres puntos si escuchan a las dos.
11. *Listas:* Las listas deben hacer constar: Fecha – Hora GMT – Estación – Controles – Banda – Multiplicador (sólo la primera vez) – Puntos. La lista se debe hacer por orden cronológico.
12. *Envío de listas:* Deben enviarse antes del 1 de julio del año en curso (fecha matasellos de Correos) a: Krenkel Central Radio Club, CQ M Contest Committee. P.O. Box 88. Moscú (URSS).

### 19.3.10 Concurso de V-U-SHF de la Región I de la IARU: Concurso de septiembre

1. *Participantes:* Pueden participar todos los radioaficionados con licencia, de la Región I de la IARU. Se puede operar como multioperador siempre que se utilice un solo indicativo durante todo el concurso. Los participantes deben operar de acuerdo con la letra y el espíritu del concurso y con una potencia no mayor que la permitida en las licencias de su país. Las estaciones que operen con licencia especial de alta potencia lo harán fuera de concurso y no podrán ser clasificadas en el mismo.
2. *Secciones del concurso:* El concurso tendrá las siguientes secciones:
i) Estaciones operadas por un solo operador, sin ninguna ayuda durante el concurso, utilizando equipos de propiedad privada incluidas las antenas y operando desde cualquier situación.
ii) Todas las demás estaciones.
En ningún momento se puede utilizar más de un transmisor. Todas las estaciones deben operar desde la misma ubicación durante el concurso.

3. *Fecha del concurso:* El concurso tendrá lugar el primer fin de semana de septiembre de cada año. La secuencia 31 de agosto-1 de septiembre no cuenta a este efecto.
4. *Duración del concurso:* empezará a las 16.00 GMT del sábado y terminará a las 16.00 GMT del domingo.
5. *Contactos:* Cada estación puede ser trabajada sólo una vez, independientemente de que sea fija, portable o móvil. Si una estación es trabajada otra vez durante el mismo concurso, sólo un contacto contará para puntos; pero cualquier contacto duplicado debe ser apuntado en la lista sin puntos y claramente marcado como repetido. Cualquier contacto en fonía efectuado en la sub-banda de CW no cuenta para puntos.
6. *Tipo de emisión:* Los contactos pueden ser hechos en A1, A3j y A3a.
7. *Intercambios:* El intercambio consistirá en el control RS(T) seguido de un número de serie, empezando por el 001 para el primer contacto y aumentando uno en cada contacto sucesivo. Este intercambio debe ser seguido inmediatamente por el QTH Locator de la estación emisora. (Ejemplo: 59003 GX24j o 579023 HG46e).
8. *Puntos:* Los puntos se contarán a razón de un punto por kilómetro. La puntuación final reclamada debe ser mostrada en la parte superior de la primera hoja.
9. *Listas:* Las listas deben ser rellenadas siguiendo los requerimientos dados en la regla 12. Las estaciones multioperador deben indicar claramente esta circunstancia. Una copia de las listas debe ser enviada al vocal nacional de VHF o al Comité de Concursos Nacional no más tarde del segundo lunes siguiente al concurso. Entradas posteriores no serán aceptadas. El envío de la lista implica que el participante acepta las reglas del concurso.
10. *Juicio de las listas:* El juicio de las listas será responsabilidad de la sociedad organizadora, cuya decisión será definitiva. Los participantes que deliberadamente contravengan cualquiera de estas reglas o no respeten las distribuciones de banda de la IARU serán descalificados. Pequeños errores pueden producir pérdida de puntos. Los errores en indicativos o en el intercambio penalizarán, deduciendo para ambas estaciones el siguiente porcentaje de la puntuación reclamada para ese contacto: un error, 25 %; dos errores, 50 %; tres o más, 100 %. El contacto reclamado será descalificado por un QTH Locator claramente falso o por un error en la hora de más de 10 minutos. Las participantes en el concurso no serán penalizados por el no cumplimiento por parte de los no participantes de las reglas del concurso.
11. *Premios:* El vencedor de cada sección recibirá un certificado. Los participantes compiten por los siguientes trofeos:
    *a*) El trofeo de la Región I de la IARU VHF, donado por Neal Crystals, para el ganador de la sección i).
    *b*) El trofeo PZK, donado por la asociación polaca, para el ganador de la sección ii).
12. *Modelo de Lista:* Las listas para uso en los concursos de la Regiónl de la IARU deben tener un tamaño no menor que el DIN-A4 y deben tener las siguientes columnas en el orden que se expresa: Fecha – Hora GMT – Indicativo de la estación contactada – Control enviado – Control recibido – QTH Locator recibido – Puntos.
    Se requiere una hoja resumen conteniendo la información esencial para juzgar el concurso y con espacio separado para que el vocal nacional de concursos pueda incluir sus comentarios.
    La lista debe llevar la firma del primer operador, certificando que es correcta.
    Pueden utilizarse las listas preparadas por las sociedades nacionales, siempre que satisfagan lo especificado anteriormente.
    *Notas:* Los manager nacionales de VHF y/o el Comité de Concursos Nacional serán responsables de controlar los concursos de VHF. Puede haber otras estaciones de control, siempre que éstas no tomen parte en el concurso.
    Los manager nacionales de VHF/Comité de Concursos Nacional son responsables de las descalificaciones según los resultados de su función de control.

### 19.3.11 Concurso de V-U-SHF de la Región I de la IARU: Concurso de octubre

2. *Secciones del concurso:* Habrá dos secciones, como se define en el punto 2 de las reglas del concurso de septiembre, por cada una de las bandas de U y SHF.
    Sólo se puede utilizar un transmisor por banda a la vez. Todas las estaciones deben operar desde la misma ubicación durante el concurso.
3. *Fecha del concurso:* El concurso tendrá lugar el primer fin de semana de octubre de cada año. La secuencia 30 de septiembre-1 de octubre no cuenta a este efecto.
5. Una estación puede ser trabajada una sola vez en cada banda.
6. Se puede utilizar FM por encima de 1 GHz.
7. El número de serie se empezará por 001 en cada banda.
11. *Premios:* El ganador de cada sección recibirá un certificado. Los participantes compiten por los siguientes trofeos:
    *a*) La Copa Victoria Alada I, donada por Giovanni Mikelli, I1XD, para el ganador de la estación fija en 432 MHz.
    *b*) La Copa Victoria Alada II, donada por Giovanni Mikelli, I1XD, para el ganador de la seción portable/móvil en 432 MHz.
    Ganador absoluto: Se proclamará un ganador absoluto del concurso de la Región I de la IARU U-SHF. Para esta competición las puntuaciones de los participantes en las diversas bandas se combinarán usando los siguientes multiplicadores: 432 MHz. 1x; 1.296 MHz 5x; 2.400 MHz. 10x; bandas superiores 20x.
    El participante que obtenga la mayor puntuación obtendrá la Medalla de la Región I de la IARU.
    *Nota:* En todo lo demás no especificado rigen las reglas del Concurso de septiembre en VHF. Los apartados 5, 6 y 7 de estas bases son complementarios a los 5, 6 y 7 del Concurso de septiembre en VHF.
    Las listas para estos dos concursos (Concurso de septiembre en VHF y Concurso de octubre en U-SHF) deberán enviarse al apartado 220, Madrid, antes del 15 de septiembre y del 15 de octubre, respectivamente (fecha matasellos de Correos), indicando en el sobre: Para Vocalía Nacional de VHF.

## 19.4 INTERPRETACION DE LAS BASES

En la mayoría de las bases de concursos se especifican claramente cuáles son las condiciones que debe aceptar una estación para tomar parte en él. De todas formas hay varios puntos que a veces son difíciles de interpretar o puntos que

no se especifican claramente, ya que se da por sabida su definición.

Si un participante sólo piensa en actuar en el concurso durante unas pocas horas, o bien sólo pretende hacer algunos comunicados interesantes, pero no va a enviar la lista, sólo necesita saber cuál es el período del concurso y los mensajes que hay que intercambiar. Esto lo puede hacer fijándose en lo que hacen las estaciones que escucha y no necesita ni haber leído las bases.

Para aquel que pretende participar en serio en un concurso para ganarlo o quedar lo mejor clasificado posible, un error en la interpretación de las bases puede suponer la descalificación.

Los puntos a tener en cuenta son los siguientes:

### 19.4.1 Fecha y período

En los grandes concursos internacionales, tanto la fecha como el período están referidos a la hora GMT u hora universal. Esta es la hora solar media del Meridiano de Greenwich. A pesar de que dicho meridiano pasa por España, la hora legal en España difiere en una hora en invierno y dos en verano de la que correspondería. Para otras longitudes la diferencia es aún mayor. Estas diferencias hay que tenerlas en cuenta y tener el reloj de la estación en la fecha y hora que indique el concurso.

*Participantes.* Hay que saber identificar a las estaciones que se pueden contactar por los indicativos. En el caso de concursos como el CQ WW no hay problemas ya que son válidos todos los del mundo, pero en otros casos hay que hacer distinciones.

### 19.4.2 Categorías de participación

*Estación monooperador.* Se entiende como tal la estación en la que una sola persona realiza todas las funciones, lleva la lista de comunicados, opera la estación y dirige la antena si ésta es rotativa. Además no puede recibir ayudas en la búsqueda o escucha de estaciones no contactadas.

Las estaciones monooperador además de lo anterior, deben fijarse en el número de horas que les está permitido operar, que generalmente es inferior a la duración total del concurso, especialmente en los concursos de 48 horas de duración. En estos casos la organización suele especificar cuál es el descanso mínimo y cuál es el máximo de descansos que se pueden hacer.

En general se suele exigir que los equipos empleados sean de propiedad particular. Esto quiere decir que aunque se cumplan las condiciones anteriores, no está admitido operar la estación de un club o sociedad en esta categoría, lo que sí está admitido es que una persona distinta del titular opere la estación, siempre que cumpla lo anteriormente dicho y la legislación de su país lo autorice.

*Estación multioperador.* Puede haber dos categorías. Un solo transmisor. Dos o más operadores trabajan con un solo transmisor. Deben trabajar siempre en todas las bandas aceptadas al concurso. Sólo se admite una señal en el aire en cualquiera de las bandas. O sea que sólo puede haber un transmisor trabajando en cada momento.

*Multitransmisor.* Se puede tener un transmisor en cada banda, simultáneamente, pero sólo uno en cada banda. Se debe trabajar en todas las bandas con el mismo indicativo.

Los operadores de una estación multioperador, no pueden trabajar en el concurso con ningún otro indicativo.

Las estaciones de club o sociedades deben participar siempre en la categoría de multioperador.

Tanto las estaciones monooperador como las multioperador de un solo transmisor suelen tener una limitación en la posibilidad de cambiar de bandas. Siempre que se efectúe un cambio de banda, es obligatorio, una vez se ha efectuado un comunicado en la nueva banda, permanecer en dicha banda por un período mínimo, generalmente 10 minutos. Sólo se exceptúa el caso en que la estación trabajada en la nueva banda suponga un nuevo multiplicador, en cuyo caso se puede volver a la banda anterior.

Aún así esta operación de cambiar de banda para trabajar un nuevo multiplicador en otra, sólo se puede hacer una vez cada 10 minutos.

Esta norma está concebida para limitar la posibilidad de que se efectúe trampa, bien sea porque la estación monooperador trabaja con una escucha al lado o bien porque la multioperador un solo transmisor sea en realidad una estación multitransmisor en la que se va utilizando el transmisor que más conviene en cada momento; este último punto, si bien no viola la norma de operación con un solo transmisor ya que sólo se transmite una señal en cada momento, supone una clara desventaja para las estaciones más modestas que sólo pueden disponer de un transmisor.

La violación sistemática de esta norma de «los 10 minutos», suele llevar emparejada la descalificación de la estación o bien la calificación en una categoría superior, de monooperador o multioperador un solo transmisor a multioperador multitransmisor.

Aunque en las bases del concurso no se establezca claramente esta norma del mínimo de tiempo, la mayoría de comités clasificadores suelen tenerla en cuenta a la hora de juzgar a ese participante. Por lo tanto, cuando se participa como monooperador no es conveniente hacer cambios de banda demasiado frecuentes. Por lo menos respetar los diez minutos mencionados.

Evidentemente, esto sólo tiene efecto si se realiza algún comunicado en la nueva banda, en el caso de que no se haga ninguno no existe constatación del hecho y por tanto no ha habido cambio de banda.

### 19.4.3 Bandas

En los grandes concursos están aceptadas todas las bandas de HF incluida la de 160 m, pero por acuerdos de la IARU y acuerdos tácitos que están generalmente admitidos, no todas las frecuencias son utilizables para concursos.

En primer lugar cuando se dice «todas las bandas», se entiende que son sólo las de 160, 80, 40, 20, 15 y 10 metros. No se deben usar para concursos las nuevas bandas de 30, 17 y 13 metros (véase capítulo 15).

Las limitaciones existentes, específicas para concursos además de las que ya hemos visto en el capítulo 15, son las siguientes:

*En CW.* No emplear los 5 kHz iniciales de la banda en 80 y 40 m.

No se emplearán los 10 kHz iniciales de la banda en 20, 15 y 10 m.

*En fonía:*

80 m: Emplear solamente de 3.600 a 3.650 y 3.700 a 3.800.
40 m: De 7.040 a 7.100.
20 m: De 14.150 a 14.300.
15 m: De 21.200 a 21.350.
10 m: De 28.400 a 29.700.

Sobre todo tener muy en cuenta lo que se indica en el capítulo 15 sobre utilización de frecuencias por parte de los diversos países y regiones del mundo.

En los grandes concursos mundiales, especialmente el CQ WW, estos límites de frecuencia suelen ser sobrepasados debido al elevado número de estaciones presentes, pero en los demás concursos se deben respetar con el fin de que queden suficientes frecuencias libres para los que no desean tomar parte en el concurso.

En las bandas de 160 y 80 metros se recomienda respetar las «ventanas de DX» que se indican en el capítulo «Estación de radioaficionado: técnicas de operación».

La banda de 40 metros es un caso aparte. Según el reglamento internacional las frecuencias de 7.000 y 7.100 kHz están asignadas en exclusiva a los radioaficionados en todo el mundo. Sin embargo, una serie de estaciones comerciales la ocupan sin ningún derecho a ello.

En este caso está admitido utilizar toda la banda respetando sólo las dos sub-bandas de CW y fonía, ya que en caso contrario, y debido a la estrechez de la banda, la congestión sería enorme.

### 19.4.4 QSO válidas para el Concurso

Se entiende que un QSO realizado durante el tiempo del concurso es válido cuando ambas estaciones tienen la certeza de que el corresponsal ha recibido correctamente el indicativo y el mensaje. Cualquier QSO en el que falte algún dato o éste esté mal copiado no es válido.

Sólo es válido un QSO con cada estación en cada banda. Esta norma es casi general salvo en pequeños concursos locales donde, debido al escaso número de participantes, a veces se permite repetir los comunicados cada cierto tiempo. Cualquier comunicado repetido debe ser eliminado de la lista, ya que un excesivo número de ellos lleva emparejada la descalificación.

### 19.4.5 Intercambios

Son los mensajes que además de los indicativos y el RS(T) deben intercambiarse las dos estaciones para que el comunicado sea válido. Aquí sí que el número de variantes es bastante grande como se puede ver por las bases de concursos del apartado 19.3.

Los dos sistemas básicos son o bien pasar un nuevo correlativo que empieza en el 001 e indica el número de comunicado, o varias letras o números, casi siempre con una base geográfica (zonas QT o ITU, abreviaturas de estados o provincias, etc.) que se pasa en cada comunicado igual.

En el caso de pasar un número correlativo no tiene menor importancia olvidarse o repetir alguno de los números, siempre que esto ocurra un número reducido de veces.

En el caso de que se utilice el sistema de control fijo, es conveniente que el operador tenga una noción exacta de las zonas a las que corresponden y si los indicativos concuerdan.

### 19.4.6 Puntos por QSO

Cada concurso establece el número de puntos que supone cada comunicado. Suele existir siempre alguna diferencia entre estaciones del mismo continente y las de otro continente. También es bastante corriente que los comunicados en las bandas inferiores (160, 80 y 40 m) tengan más valor que en las superiores, o bien que algún país o zona del mundo tenga mayor puntuación que otros. Sin embargo, en los grandes concursos mundiales se tiende a la uniformidad, y los comunicados valen siempre lo mismo en cualquier banda o país, excepto en que hacen la diferencia entre los comunicados con el propio continente y los comunicados con otros continentes.

Es importante conocer cuantos puntos supone un comunicado, no sólo al tener que confeccionar la lista, sino también a la hora de operar, ya que algunas de las decisiones que se deben tomar durante el concurso dependen de la puntuación que se obtiene en cada momento como veremos más adelante.

### 19.4.7 Multiplicadores

Todos los concursos importantes del mundo tienen factor multiplicador que se obtiene de diversas formas según cada concurso.

La mayoría de concursos mundiales utilizan como multiplicadores los países del DXCC cuya lista está en el capítulo 15.

También pueden ser multiplicadores los países europeos del WAE, zonas CQ, zonas ITU o incluso una combinación de varios de ellos que también se encuentran en el citado capítulo.

El multiplicador constituye el factor más importante a la hora de obtener el resultado del concurso. Además obliga al operador a mantener una estrategia y a tener que tomar decisiones durante el concurso en función de su número de comunicados y multiplicadores. Si no existiera el multiplicador, el ganador del concurso sería siempre la estación más potente y la que más rápido puede operar. Al existir los multiplicadores, las estaciones no sólo deben realizar el mayor número posible de comunicados, sino que continuamente tienen que calibrar cuándo se interesa seguir haciendo comunicados o buscar multiplicadores. Esta búsqueda de multiplicadores suele ser la que domina y se precisa un buen (o buenos en el caso de multioperadores) operador, que conozca los momentos en que pueden contactarse éstos, dejando a un lado la realización de varios comunicados para conseguir un nuevo multiplicador.

En el acierto o error en estas decisiones puede estar el éxito o fracaso de un concurso.

Los multiplicadores pueden ser de dos tipos:

*a*) El multiplicador se puede acreditar una vez en cada banda.

Los multiplicadores se repiten en cada banda admitida al concurso.

*b*) El multiplicador sólo puede acreditarse una vez, independientemente de la banda en que se trabaje. Quiere decir que una vez trabajado un multiplicador en una banda, no puede volver a acreditarse en ninguna otra banda.

Los multiplicadores sólo pueden acreditarse la primera vez que se trabajen. Los demás comunicados con el mismo multiplicador sólo sirven para puntos de QSO, no para multiplicador.

En el caso de que un concurso tenga varios tipos de multiplicador, un solo comunicado puede servir para acreditar varios multiplicadores. Por ejemplo: en el CQ WW donde el multiplicador son países y zonas CQ, si se realiza un comunicado con Puerto Rico (KP4) que está en la zona 8 y aún no se ha trabajado con esa zona, ese comunicado vale por dos multiplicadores, el país (KP4), y la zona (8); cualquier otro comunicado con otro país en la misma zona sólo serviría, el país como multiplicador, no la zona que ya está acreditada; si se efectúa posteriormente otro comunicado con otra estación de KP4, éste sólo sirve para puntos.

Evidentemente, cualquier comunicado tiene una puntuación, independientemente que éste sea multiplicador o no. Se exceptúa en casi todos los concursos el comunicado con

:l propio país. Este comunicado sólo sirve para multiplica-
dor, pero no para puntos. O sea que en la mayoría de
:oncursos mundiales, el comunicado con el propio país sólo
sirve la primera vez como multiplicador.

### 19.4.8 Listas

Cada organización de concurso suele establecer su propio modelo de lista, que suministran a los interesados si se lo solicitan. Es bastante fácil confeccionarse uno mismo las listas o utilizar las que tenga la propia asociación nacional o radioclub, ya que el modelo de lista difiere muy poco de un concurso a otro.

En las figuras 19.1 y 19.2 se pueden apreciar dos modelos de listas de dos concursos diferentes, el CQ WW y el ARRL DX. Podemos considerarlos como dos ejemplos que definen las dos posibilidades más usuales a la hora de confeccionar una lista de concurso.

Las listas del CQ WW se deben confeccionar una para cada banda trabajada, por tanto no tienen columna de banda y sólo tienen una columna de multiplicador.

Las listas del ARRL DX se deben hacer por orden cronológico o sea una sola lista para todas las bandas (excepto en el caso de operación en multioperador-multitransmisor). Por lo tanto tiene columna para indicar la banda empleada y una columna de multiplicadores para cada una de las bandas.

Con estos dos tipos de lista se puede, variando sólo el encabezamiento, realizar cualquier tipo de lista.

Las condiciones que se suelen exigir a la hora de confeccionar la lista del concurso (en inglés *log*) son las siguientes:

1) La lista debe ser fiel reflejo de lo realizado durante el concurso.
2) Debe estar escrita de una forma clara y comprensible.
3) Indicar los multiplicadores sólo la primera vez que corresponda, en los demás casos poner sólo un guión en la casilla correspondiente.
4) Es obligatorio indicar la puntuación, ya que las listas que no la llevan son consideradas como listas de Control (Control Logs) que no son clasificadas.

Es muy recomendable realizar la lista durante el concurso directamente sobre las hojas que se van a enviar. Esto permite ahorrar mucho tiempo, ya que si la lista es larga, copiarla es un trabajo pesado. En el caso particular de CQ WW la organización exige el envío de la lista original independientemente de que se pase en limpio (no tiene ninguna importancia lo sucia y llena de tachaduras que esté la lista siempre que se pueda leer). Basta añadir los multiplicadores, los puntos e indicar claramente los comunicados repetidos y la lista es válida.

En todos los concursos se exige la confección de una hoja resumen en la que se hagan constar todos los datos de la estación, operadores, equipos empleados, antenas, etc., así como un resumen numérico de la operación durante el concurso.

Un ejemplo clásico de hoja resumen lo tenemos en la figura 19.3. En esta hoja resumen podemos ver que el titular de la licencia firma una declaración en la que certifica haber respetado las normas legales de su licencia y las normas del concurso.

Cualquier objeción, comentario o reclamación que se desee hacer debe incluirse con la lista del concurso, y el participante, tanto si las bases del concurso lo indican claramente como si no, acepta las decisiones del comité calificador del concurso sin recurso posible.

En los grandes concursos mundiales se exige además, cuando el número de comunicados es elevado, el envío de una hoja de control de multiplicadores así como otra de control de repetidos. Este tipo de hojas admite muchas variantes y es cuestión de gustos del operador utilizar unas u otras.

Las hojas de control de multiplicadores suelen consistir en una lista de todos los multiplicadores posibles, en los que se añaden unas casillas para indicar cuándo está trabajado. En el caso de que los multiplicadores sean países, se puede emplear la lista de países del capítulo 15. Cuando los multiplicadores son zonas (CQ o ITU según el concurso) se puede hacer una tabla como la mostrada en la figura 19.4. En el caso de que el multiplicador sea de otro tipo se debe uno confeccionar la propia tabla como por ejemplo en el concurso de la ARRL que se muestra en la figura 19.5.

Las hojas de control de repetidos son un poco más complejas. En esencia consisten en organizar un sistema para que todos los indicativos ya contactados sean fácilmente localizables con el fin de determinar rápidamente si el comunicado está ya efectuado o no.

El sistema más elaborado consiste en utilizar un computador con un programa adecuado que además de confeccionar la lista en «limpio» elimine automáticamente los contactos repetidos y calcule la puntuación. Es el sistema más perfecto pero al menos, de momento, este tipo de máquinas no suele estar al alcance de la mayoría y, en caso de tenerla, la confección de un programa capaz de realizar esta función es bastante complejo.

Existen varios sistemas manuales que han demostrado su eficacia sobradamente y que incluso con un poco de práctica en su manejo permiten determinar si un indicativo determinado está ya trabajado o no en un tiempo muy breve, tanto que incluso puede utilizarse durante el concurso y ahorrarse la realización de contactos inútiles.

Si el sistema tiene que ser rápido, es evidente que el sistema debe obligar a escribir el mínimo posible y a utilizar pocas o ninguna clave especial que suponga problemas de identificación.

Por otra parte casi todos los sistemas necesitan de un conocimiento previo de los comunicados que se pueden realizar con el fin de proveer el suficente espacio para anotaciones. Si la comprobación se ha de efectuar después del concurso, ya se sabe el número y el tipo de indicativos que hay que controlar; pero si se pretende que las hojas nos sirvan durante el concurso, hay que dejar ese espacio para suposiciones. En este último caso hay que tener en cuenta el número de licencias existentes en cada país, la afición de un determinado país a participar en concursos (por ejemplo los países anglosajones y eslavos así como los japoneses suelen ser mucho más activos que los latinos e hispanoamericanos) y también la facilidad o dificultad de contactar con un determinado país dada su situación geográfica (por ejemplo Checoslovaquia) tiene un número de radioaficionados relativamente bajo, pero desde España se harán casi los mismos comunicados que con California que tiene un gran número de radioaficionados. Además hay que tener en cuenta que las características de la estación que vamos a emplear, ya que ésta es determinante a la hora de calibrar el número de estaciones de cada zona que vamos a contactar. Así como es importante determinar qué tipo de estaciones podemos contactar durante el concurso en función de las bases de éste, ya que en estas listas sólo hay que apuntar los comunicados válidos, los demás son anulados.

Las hojas que mejor se aproximan al ideal, y que han demostrado su eficacia a lo largo de varios concursos por la

# World Wide DX Contest

Last Full Weekend of October (Phone) & November (CW)

Page ____ of ____ Pages

Call Sign _____ ☐ Phone ☐ CW (use separate log for each band) Log for _____ MC Band

| Date GMT | TIME GMT | STATION | SERIAL NUMBER | | INDICATE MULTIPLIERS ONLY | | QSO POINTS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | SENT | RECEIVED | ZONE | COUNTRY | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | |

ESPAÑA

# Log para H.F.

Concurso / Contest _____ Año / Year _____

Indic. / Call _____ SSB ☐ CW ☐ Hoja / Sheet _____ de / of _____

| FREQ | FECHA/HORA DATE/TIME GMT | ESTACION STATION | CONTROL | | Multiplic. por banda Multipliers per band | | | | | | PUNTOS POINTS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Env. Sent | Rec. | 1.8 | 3.5 | 7 | 14 | 21 | 28 | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Year

# Hoja Resumen de Concursos HF

Call Sign

Country

Single Operator:

☐ Phone ☐ Single Band

☐ CW ☐ All Band

Multi-Operator (All Band Only):

☐ Single Transmitter

☐ Multi-Transmitter

| | QSO's (minus duplicates) | | QSO Points | | Multipliers | | Score | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.8 mc | | ▶ | | × | | = | | 1.8 mc |
| 3.5 mc | | ▶ | | × | | = | | 3.5 mc |
| 7.0 mc | | ▶ | | × | | = | | 7.0 mc |
| 14 mc | | ▶ | | × | | = | | 14 mc |
| 21 mc | | ▶ | | × | | = | | 21 mc |
| 28 mc | | ▶ | | × | | = | | 28 mc |
| All Bands | | ▶ | | × | | = | | All Bands |

How to score: QSO Points × (Multipliers) = FINAL SCORE

EXAMPLE: 1000 QSO Points × (100) = 100,000 points

Station Description _____

_____

Antenna(s) _____

_____

Operators _____

_____

Remarks (Biggest thrill in Contest, funniest story, comments, etc.) _____

_____

Club Competition (Minimum 3 logs) _____

This is to certify that in this contest I have operated my transmitter within the limitations of my license and have observed fully the rules and regulations of the contest.

**Type or Print** (Signature) _____

Name _____ Call _____

Address _____

City _____

State or Country _____ (Zip) _____

Figura 19.3 Modelo de hoja resumen.

| Zona / Banda | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 19.4 Modelo de comprobación de multiplicadores para las zonas CQ.

# 48 Estados USA y 9 Provincias de Canadá

| | | | 160 | 80 | 40 | 20 | 15 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Connecticut | CONN | | | | | | |
| | Mame | ME | | | | | | |
| | Massachusetts | MASS | | | | | | |
| | New Hampshire | NH | | | | | | |
| | Rhode Island | RI | | | | | | |
| | Vermont | VT | | | | | | |
| 2 | New Jersey | NJ | | | | | | |
| | New York | NY | | | | | | |
| 3 | Delaware | DEL | | | | | | |
| | Maryland - D.C. | MD | | | | | | |
| | Pennsylvania | PA | | | | | | |
| 4 | Alabama | ALA | | | | | | |
| | Florida | FLA | | | | | | |
| | Georgia | GA | | | | | | |
| | Kentucky | KY | | | | | | |
| | No. Carolina | NC | | | | | | |
| | So. Carolina | SC | | | | | | |
| | Tennessee | TENN | | | | | | |
| | Virginia | VA | | | | | | |
| 5 | Arkansas | ARK | | | | | | |
| | Louisiana | LA | | | | | | |
| | Mississippi | MISS | | | | | | |
| | New Mexico | NMEX | | | | | | |
| | Oklahoma | OKLA | | | | | | |
| | Texas | TEX | | | | | | |
| 6 | California | CAL | | | | | | |
| 7 | Arizona | ARIZ | | | | | | |
| | Idaho | IDA | | | | | | |
| | Montana | MONT | | | | | | |
| | Nevada | NEV | | | | | | |
| | Oregon | ORE | | | | | | |
| | Utah | UTAH | | | | | | |
| | Washington | WASH | | | | | | |
| | Wyoming | WYO | | | | | | |

| | | | 160 | 80 | 40 | 20 | 15 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Michigan | MICH | | | | | | |
| | Ohio | OHIO | | | | | | |
| | W. Virginia | WVA | | | | | | |
| 9 | Illinois | ILL | | | | | | |
| | Indiana | IND | | | | | | |
| | Wisconsin | WIS | | | | | | |
| Ø | Colorado | COLO | | | | | | |
| | Iowa | IOWA | | | | | | |
| | Kansas | KANS | | | | | | |
| | Minnesota | MINN | | | | | | |
| | Missouri | MO | | | | | | |
| | Nebraska | NEBR | | | | | | |
| | N. Dakota | NDAK | | | | | | |
| | S. Dakota | SDAK | | | | | | |
| VO | Newfoundland - Labrador | VO1 NFLD<br>VO2 LAB | | | | | | |
| VE1 | New Brunswick<br>Nova Scotia<br>Pr. Ed. Is. | NB<br>NS<br>PEI | | | | | | |
| VE2 | Quebec | QUE | | | | | | |
| VE3 | Ontario | ONT | | | | | | |
| VE4 | Manitoba | MAN | | | | | | |
| VE5 | Saskatchewan | SASK | | | | | | |
| VE6 | Alberta | ALTA | | | | | | |
| VE7 | Br. Columbia | BC | | | | | | |
| VE8 | Yukon-<br>N.W.T. | YUK<br>NWT | | | | | | |

Figura 19.5 Modelo de comprobación de multiplicadores para el concurso de la ARRL.

experiencia del autor de este capítulo, son las que se muestran en las figuras 19.6 y 19.7. Se ha preferido mostrarlas gráficamente, ya que su explicación por escrito sería larga y de difícil comprensión.

Son las oficiales de la ARRL. Para prefijos USA hay que confeccionárselas especialmente. En ellas se pueden ver los siguientes detalles:

1) En el encabezamiento se indica la banda a la que corresponde.
2) Están previamente escritos todos los prefijos nacionales.
3) En los países más importantes se realizan subdivisiones tanto de prefijos como de distritos de llamadas.
4) A los países menos importantes y en aquéllos en que es muy difícil que aparezcan estaciones se les asigna muy poco espacio o se les agrupa por afinidad alfabética.
5) Sólo se anotan los subfijos, que son los que distinguen a cada estación o sea un máximo de tres letras. Sólo en el caso de países o estaciones raras se debe escribir todo el indicativo, lo que debido a su escasez no supone problema.

Con cualquiera de estos sistemas un operador experimentado puede controlar perfectamente un concurso incluso mientras está haciendo los comunicados. Resulta bastante simple llevar una lista de multiplicadores a base de marcar, por ejemplo con un círculo de color, cada estación que suponga un nuevo multiplicador.

El sistema tal como lo hemos mostrado está pensado para concursos de carácter mundial, pero no es nada difícil generalizarlo para cualquier tipo de concurso El sistema se ha mostrado eficaz con un número de comunicados de hasta 1.000. Es probable que con un número mucho mayor haya que hacer algunas modificaciones con el fin de aprovechar al máximo el espacio. Utilizando cuatro páginas del tamaño de este libro para cada banda se pueden apuntar unos 2.000 comunicados sin que el espacio sea un problema, y realizar ese número de contactos en una sola banda durante un concurso aunque sea mundial es muy poco frecuente.

Para concursos menos importantes con menor número de contactos se puede reducir el tamaño de las hojas, así como reducir el espacio para cada prefijo, o bien reducir el número de prefijos cuando se sabe positivamente que no se van a contactar.

### 19.4.9 Concursos en VHF y frecuencias superiores

Los concursos en estas bandas no se diferencian en esencia de los demás concursos. Sin embargo, y debido a las especiales características de estas bandas, en las que al no existir, o ser muy rara la propagación ionosférica, la mejor estación es la que más lejos consigue contactar.

La diferencia básica radica pues en la puntuación que se obtiene con cada comunicado. En Europa esta puntuación se obtiene a razón de 1 punto por cada kilómetro de distancia entre las dos estaciones.

Este tipo de puntuación obliga a utilizar un sistema de localización bastante preciso. En Europa se utiliza desde hace treinta años, un sistema basado en una simplificación de las coordenadas geográficas que se denomina LOCATOR. Este sistema tiene una precisión de unos 7 kilómetros en latitudes medidas. Este tipo de localización se debe pasar al corresponsal junto con el control, por lo tanto la estación debe conocer el LOCATOR en que se encuentra para tomar parte en el concurso (véase capítulo 15).

El problema del cálculo de distancias es el más grave en estas frecuencias, ya que salvo contadas excepciones el número de comunicados no es muy elevado. Se necesita un mapa lo suficientemente grande y preciso para que las mediciones sean exactas. Con el avance de los equipos y antenas, lo más corriente es que en un buen día de propagación, casi cualquier estación incluso las más modestas puedan contactar a distancias superiores a los 1.000 kilómetros. Un mapa a escala 1:1.000.000 (en el que un milímetro equivale a 1 kilómetro) y que cubra un radio de 1.000 kilómetros alrededor del punto deseado es difícil de encontrar y engorroso de manejar.

Afortunadamente, las modernas calculadoras programables de bolsillo, cuyo precio empieza a ser asequible, permiten realizar el cálculo por una simple fórmula de trigonometría esférica. Todo ello ayudado por que el sistema LOCATOR es muy fácil de convertir a coordenadas geográficas normales mediante una simple fórmula aritmética y unos coeficientes.

## 19.5 OPERACION EN CONCURSOS

Todo lo que se verá a continuación está pensado para los que pretenden participar a fondo en un concurso o durante un gran número de horas por lo menos. Además está pensado para el radioaficionado novato o con poca experiencia.

En primer lugar vamos a hacer una distinción entre las diversas estaciones que pueden operar en un concurso.

*Grandes estaciones.* Son aquéllas que trabajan con el máximo de potencia legal y antenas directivas monobanda a gran altura.

*Estaciones medianas.* Son las que trabajan con la máxima potencia legal y antenas directivas multibanda a alturas normales. En 80 y 40 metros emplean dipolos completos.

*Estaciones pequeñas.* Las que utilizan las potencias normales de los equipos comerciales, con antenas dipolo.

*Estaciones QRP.* En los últimos tiempos se está generalizando esta categoría que consiste en estaciones que trabajan con potencias de 5 W, o menos, de salida y que tienen clasificación aparte en los concursos.

Evidentemente existen muchos tipos de estaciones que quedan en situación intermedia, pero como simplificación esta distinción es bastante aceptable.

No hablaremos de las estaciones grandes, ya que una estación con ese equipamiento se supone que no está operada por un novato.

### 19.5.1 Preparación

Cualquier concurso debe prepararse con cierta antelación ya que algunos elementos deben comportarse a la perfección durante el concurso pues modificarlos sobre la marcha supone una pérdida de tiempo.

Puntos a considerar:

1) La posición de operación debe ser lo más cómoda posible.

   Hay que tener muy comprobado que podemos permanecer sentados en el puesto de operación un gran número de horas sin que la silla o la altura de la mesa o el acceso a los equipos suponga una fuente de cansancio. Hay que tener en cuenta que los grandes concursos mundiales duran 48 horas, sino se tiene un puesto de operación cómodo la cuarta parte de ese tiempo ya puede ser insoportable.

   Asimismo hay que tener a mano alimentos y bebidas fáciles de comer en el caso de que no haya algún apoyo externo.

CALL..... CW ☐ PHONE ☐ ARRL SECTION..... BAND.....

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ABC | | | | | | F8 | | | | | | | JA2 | | | | | | | | |
| CE | | | | | | F9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| CM/CO | | | | | | G2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| CN | | | | | | G3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| CP | | | | | | | | | | | | | JA3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | JA4 | | | | | | | | |
| CX | | | | | | G4 | | | | | | | JA5 | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | JA6 | | | | | | | | |
| DA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DF | | | | | | G5 | | | | | | | JA7 | | | | | | | | |
| | | | | | | G6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DJ1 | | | | | | G8 | | | | | | | JA8 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | GD | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | GI | | | | | | | JA9 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | JAØ | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | GJ | | | | | | | JD | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | GM | | | | | | | JE | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | JF | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | GU | | | | | | | JG | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | GW | | | | | | | JH1 | | | | | | | | |
| Ø | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DK1 | | | | | | HA1 | | | | | | | JH | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | 3 | | | | | | | JI | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | 4 | | | | | | | JJ | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | 5 | | | | | | | JK | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | 6 | | | | | | | JR1 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | 8 | | | | | | | JR | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | 9 | | | | | | | KA | | | | | | | | |
| Ø | | | | | | Ø | | | | | | | KC | | | | | | | | |
| DL1 | | | | | | H89 | | | | | | | KG | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | KH6 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | H8Ø | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | HC | | | | | | | / | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | KL7 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | HK | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | HL/HM | | | | | | | KP4 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | I | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ø | | | | | | | | | | | | | KV4 | | | | | | | | |
| DM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | KZ5 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | LA | | | | | | | | |
| | | | | | | ISØ | | | | | | | | | | | | | | | |
| DU | | | | | | IT9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| EA | | | | | | JA1 | | | | | | | LU | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FI | | | | | | | | | | | | | LX | | | | | | | | |
| EL | | | | | | | | | | | | | LZ1 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | LZ2 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

DIRECTIONS: Use this form (or your own) to avoid duplicates. CIRCLE calls of each new country as worked. This record must accompany your entry. Additional sheets are available from ARRL Headquarters, 225 Main Street, Newington, Connecticut, U.S.A. 06111.

CD-175 (1077) Printed in U.S.A.

Figura 19.6 Modelo de hojas de comprobación de repetidos.

ARRL INTERNATIONAL DX COMPETITION CHECKSHEET

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OA | | | | | | UA9 | | | | | | | VR | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | VS | | | | | |
| OE | | | | | | | | | | | | | VU | | | | | |
| | | | | | | UA0 | | | | | | | XE | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OH | | | | | | | | | | | | | YB | | | | | |
| | | | | | | UB5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | YN | | | | | |
| OK1 | | | | | | | | | | | | | YO | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OK2 | | | | | | UC2 | | | | | | | YS | | | | | |
| | | | | | | UD6 | | | | | | | YU1 | | | | | |
| OK3 | | | | | | UF6 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | UG6 | | | | | | | | | | | | |
| ON | | | | | | UH8 | | | | | | | YU2 | | | | | |
| | | | | | | UI8 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | UJ8 | | | | | | | | | | | | |
| OX | | | | | | UK1 | | | | | | | YU3 | | | | | |
| OY | | | | | | UK2 | | | | | | | | | | | | |
| OZ | | | | | | | | | | | | | YU | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | YV | | | | | |
| PA | | | | | | UK3 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | ZB2 | | | | | |
| | | | | | | UK4 | | | | | | | ZD | | | | | |
| PJ | | | | | | UK5 | | | | | | | ZE | | | | | |
| PY | | | | | | | | | | | | | ZF | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | ZK | | | | | |
| PZ | | | | | | UK6 | | | | | | | ZL | | | | | |
| S | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SK/SL | | | | | | UK7 | | | | | | | | | | | | |
| SM | | | | | | UK8 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | UK9 | | | | | | | ZP | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | ZS | | | | | |
| | | | | | | UKØ | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | |
| SP | | | | | | UL7 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | |
| | | | | | | UM8 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | UO5 | | | | | | | 5 | | | | | |
| | | | | | | UP2 | | | | | | | | | | | | |
| SV | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | |
| T | | | | | | UQ2 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | UR2 | | | | | | | 7 | | | | | |
| | | | | | | UT5 | | | | | | | | | | | | |
| UA1 | | | | | | UV | | | | | | | 8 | | | | | |
| | | | | | | UW | | | | | | | | | | | | |
| UA2 | | | | | | | | | | | | | 9G1 | | | | | |
| UA3 | | | | | | UY5 | | | | | | | 9H1 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | VK | | | | | | | 9M | | | | | |
| UA4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UA6 | | | | | | VP | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 9Y4 | | | | | |

CALL _____ BAND _____ NR. COUNTRIES _____ NR. CONTACTS _____

Figura 19.7 Modelo de hojas de comprobación de repetidos. (Continuación)

# VHF - UHF CONTEST LOG

Page _____ of.
Página _____ de

_____ Pages
Páginas

CALL _____ CONTEST _____ BAND _____
Indicativo Concurso Banda

QTH Locator _____ Date _____
Fecha

| Date Fecha | QTR GMT | STATION Estación | SERIAL NUMBER - CONTROL Sent/Env. | | Received/Rec. | | QTH | — — — | | POINTS Puntos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

# VHF / UHF / SHF CONTEST

## CONTEST MANAGER

Call

Section

QSO

QTH locator

claimed score

\-

=

## PARTICIPANT

Contest date _____ call used _____

QTH locator _____ QTH _____

Section fixed stn portable/movile/etc. stn

Band

☐ 144 MHz ☐ 432 MHz ☐ 1,3 GHz

☐ 2,4 GHz ☐ 3,4 GHz ☐ 5,7 GHz

☐ 10 GHz ☐ 24 GHz

First operators:

call _____ name _____

address _____

Other operators:

_____

Station TX _____ Power ouput _____ W

RX _____

Antenna _____ Altitude _____ meters asl

Claimed score ☐☐☐☐☐☐ Best dx ☐☐☐☐

Number of contacts ☐☐☐☐ Countries ☐☐

I hereby certify that this station was operated within the rules and spirit of the contest and within the terms of my license.

Date _____ Signed (first op.) _____

Figura 19.9 Hoja resumen para concursos de VHF aceptada por la IARU Región I.

2) Fiabilidad y conocimiento del funcionamiento del equipo.
No admite comentarios, si el equipo falla se acabó el concurso. Si no conocemos su funcionamiento perderemos mucho tiempo en operaciones inútiles.
3) Ausencia total de molestias externas, tanto las que podemos producir nosotros como las que nos puedan producir desde fuera. El uso de auriculares es imperativo, tanto para evitar causar molestias como para evitar que los ruidos externos distraigan la atención.
Trabajando en fonía es muy práctico utilizar compresores de voz, que permiten reducir el nivel de voz, con lo que causamos menos molestias y disminuimos la fatiga.
Atención al uso de auriculares inadecuados. La fatiga e incluso molestias físicas que pueden producir unos auriculares inadecuados pueden ser causa de abandonar el concurso.
4) Realizar un pequeño estudio durante los días anteriores al concurso que permita determinar las condiciones de propagación que rigen en aquellos días.

Este estudio permitirá sobre todo a las estaciones monooperador del tipo mediano o pequeño, determinar en qué momento podemos tomar un descanso de algunas horas. Asimismo nos permitirá determinar el estado de las bandas, lo que ayudará al decidir los cambios de banda.

La planificación de los descansos es un punto bastante importante, ya que si bien en algunos concursos no está especificado el descanso y por tanto se puede operar todas las horas del concurso, muy pocas personas son capaces de resistir 48 horas seguidas, sin parar, en algún momento. Para las estaciones pequeñas y medianas hay algunas horas en las que, se pongan en la banda que se pongan, el rendimiento en número de comunicados y nuevos multiplicadores es muy bajo, especialmente las tres o cuatro horas anteriores al mediodía y las horas centrales de la noche. Estos son los momentos para tomar unos descansos, aunque la decisión se debe tomar sobre la marcha según el estado de la propagación y las bandas.

### 19.5.2 Comunicados de concursos

Los comunicados de concursos son como los normales pero reducidos a su mínima expresión con el fin de aumentar la rapidez. La legislación de casi todos los países establece que cada vez que se transmite hay que citar al principio y al final el indicativo propio y el del corresponsal. En los concursos al ser los mensajes tan cortos lo más normal es que sólo se transmita una vez el indicativo propio y una vez el del corresponsal.

Vamos a verlo de una forma práctica en CW y Fonía:

En CW:
— CQ TEST DE EA3AIR K
— EA3AIR de W3LPL K
— W3LPL ur 59914 K
— R R ur 59905 W3LPL K
— QSL tu QRZ EA3AIR K

En Fonía:
— CQ contest de Eco Alfa Tres Alfa India Radio adelante
— EA3AIR de Wiskey Tres Lima Papa Lima
— W3LPL 5914 adelante
— QSL 5905 W3LPL
— Roger QRZ Eco Alfa Tres Alfa India Romeo.

Muchas estaciones ni siquiera pasan el cambio en los QSO de concurso, se transmite inmediatamente después de que el otro operador deja de hablar. Algunas estaciones tienen un pitido al final de su transmisión que se emite automáticamente en cuanto el operador deja de hablar. Este pitido sirve para indicar el cambio.

En algunos casos las estaciones sólo transmiten el subfijo de la estación que escuchan con el fin de ganar tiempo. Es muy típico entre las estaciones de EE.UU. utilizar la técnica que se denomina «tail ending» o «corte de cola», consiste en que la estación transmite el indicativo de la estación que escucha antes de que ésta termine su transmisión, de tal manera que cuando la estación que llama pasa el cambio sólo escucha el indicativo de la estación que le contesta. Con este sistema se consigue transmitir los dos indicativos, punto en el que la Administración de EE.UU. es muy estricta, y ahorrar el máximo de tiempo posible.

Existen dos formas básicas para hacer comunicados:

La primera consiste en llamar CQ y esperar que otras estaciones llamen.

Sólo es efectiva si se puede mantener un buen ritmo de comunicados, o sea que basta una llamada corta para que un buen número de estaciones contesten. A este sistema se le llama trabajar en «pile-up» que no tiene traducción exacta en castellano.

Las grandes estaciones trabajan casi todo el tiempo por este sistema.

Las estaciones medianas y pequeñas es muy difícil que puedan emplear este sistema, ya que su señal no es lo bastante fuerte para atraer a un gran número de estaciones. De todas maneras a lo largo del día siempre hay unas horas en cada banda en que las condiciones de propagación son óptimas hacia una determinada zona. En estos momentos incluso las estaciones pequeñas pueden montar un «pile-up» que, aunque corto, puede permitir la realización de un buen número de contactos.

Las estaciones medianas y pequeñas no deben insistir demasiado cuando desaparece el «pile-up». Es conveniente cambiar a menudo de frecuencia, por ejemplo de un extremo a otro de la banda, o bien cambiar a otra banda que también esté activa mientras las condiciones de propagación sean favorables y desistir cuando no lo sean.

El segundo sistema es ir buscando estaciones no contactadas por las bandas.

Exige una cierta práctica para sintonizar rápido y llevar un buen control de repetidos para no llamar continuamente a las mismas estaciones. De todas maneras permite realizar un buen número de comunicados. Es muy conveniente cuando se opera de esta forma manejar el equipo con una mano y escribir con la otra para ganar tiempo.

Hay varias cosas que las estaciones medianas y pequeñas deben tener en cuenta a la hora de realizar un concurso.

Durante las primeras horas de un concurso, las estaciones grandes saturan prácticamente todas las bandas, ya que intentan realizar el mayor número de QSO posible. A medida que discurre el concurso estas estaciones van disminuyendo su actividad, bien sea porque el número de estaciones que las llaman desciende o porque deciden buscar multiplicadores.

Por lo tanto si se decide llamar para formar un «pile-up» es mejor hacerlo en las horas finales del concurso que en las iniciales.

Durante las horas iniciales es conveniente dedicarse a buscar el mayor número de multiplicadores posible.

El éxito en la búsqueda de multiplicadores tiene una influencia decisiva en el resultado final del concurso. Hay que tener en cuenta que cada multiplicador afecta a todos los comunicados ya realizados. Veamos un ejemplo. Una estación tiene en un momento determinado 1.000 comunicados que suponen 2.000 puntos y 200 multiplicadores. En

ese momento las condiciones de propagación le permiten realizar un comunicado cada minuto. La puntuación que tiene en ese momento es de 400.000 puntos. Si realiza un nuevo comunicado y éste vale 3 puntos, la puntuación aumentará en 600 puntos. Si en cambio el comunicado es un nuevo multiplicador la puntuación será $2.003 \times 201 = 402.603$, o sea 2.603 puntos más. Esto quiere decir que cada multiplicador equivale, en puntos finales, a cuatro o cinco comunicados. Si los comunicados que se están realizando en ese momento valen menos puntos, 1 por ejemplo, la diferencia es aún mayor. Por lo tanto, hay que tener siempre en cuenta la relación entre comunicados y multiplicadores. En el caso mencionado, si en dos o tres minutos se puede hacer un multiplicador, vale la pena perder ese tiempo, ya que se sale ganando.

En algunas ocasiones no es posible obtener un nuevo multiplicador porque demasiadas estaciones le llaman. En estos casos es conveniente apuntar en un papel la frecuencia y banda en que se encuentra, con el fin de volver a llamarle más tarde. Si la estación está realizando un buen número de comunicados es muy posible que permanezca en la misma frecuencia durante un buen rato.

# reglamentación nacional e internacional 20

*Esteban Bosch*

## 20.1 REGLAMENTO DE ESTACIONES DE RADIOAFICIONADO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

8007 Orden de 28 de febrero de 1979 por la que se aprueba el Reglamento de estaciones de Aficionado.

Ilustrísimo señor:

El Reglamento para el establecimiento y régimen de estaciones radioeléctricas de fecha 14 de junio de 1924, en su artículo 34, redactado conforme a la Orden ministerial de Gobernación de 12 de abril de 1949, establece la normativa aplicable a las estaciones de aficionado, adaptando a las circunstancias de aquella fecha la escasa regulación que en el aludido texto se contenía con respecto a las mismas.

Sin embargo, tal normativa quedó nuevamente desfasada, originando la necesidad de promulgación de sucesivas modificaciones y normas complementarias de diverso rango para paliar su influencia, produciéndose una dispersión de normas que es preciso revisar y acomodar a las necesidades presentes, no sólo con el incesante desarrollo e interés de la actividad a que se refieren, sino también por la necesidad de que la Reglamentación nacional resulte coherente con la internacional y más concretamente comparable a la que regula las estaciones de aficionado en los países de Europa occidental, tanto en la terminología empleada como en todos los demás aspectos.

De otra parte, el régimen concesional previsto en el Reglamento de 14 de junio de 1924 no resulta hoy adecuado, al no encajar con la figura de la concesión administrativa regulada por las disposiciones vigentes en materia de contratos del Estado, por lo que procede aclarar el alcance de la intervención administrativa en este campo, ciñéndola a la modalidad de simple autorización administrativa en forma de licencia.

Finalmente, la complejidad y entidad de la materia que se contempla aconsejan una regulación separada del texto de 14 de junio de 1924, formando un cuerpo independiente.

En su Virtud, este Ministerio, a propuesta de la Dirección General de Correos y Telecomunicación, ha tenido a bien disponer:

Artículo único.— Se aprueba el Reglamento de estaciones de aficionado que a continuación se inserta.

## 20.2 CAPITULO I: TERMINOLOGIA

Artículo 1.º A los efectos del presente Reglamento los términos que figuran a continuación tendrán el significado que para cada uno de ellos se expresa.

*Telecomunicación:* Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

*Ondas radioeléctricas* (u ondas hertzianas): Son ondas electromagnéticas cuya frecuencia es inferior a 3000 GHz que se propagan por el espacio sin guía artificial.

*Radiocomunicación:* Es toda telecomunicación realizada por medio de ondas radioeléctricas.

*Interferencia perjudicial:* Toda emisión, radiación o inducción que comprometa el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad o que perjudiquen gravemente, perturbe o interrumpa reiteradamente un servicio nacional de radiocomunicaciones legalmente establecido o un servicio internacional de radiocomunicaciones que funcione de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones ajeno al Convenio Internacional de Telecomunicaciones vigente (Boletín Oficial del Estado número 204, de 25 de agosto de 1976).

*Servicio de aficionados:* Servicio de instrucción individual, de intercomunicación y de estudios técnicos, efectuado por aficionados, esto es, por personas debidamente autorizadas que se interesen en la radiotecnia con carácter exclusivamente personal y sin fines de lucro.

*Estación:* Uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarios para asegurar un servicio de radiocomunicación en un lugar determinado. Las estaciones se clasificarán según el servicio en el que participen de una manera permanente o temporal.

*Estación de aficionado:* Estación del servicio de aficionado.

*Estación fija de aficionado:* Es toda estación de aficionado utilizada con carácter permanente en una ubicación determinada.

*Estación móvil de aficionado:* Es toda estación de aficionado destinada a ser utilizada en movimiento o mientras esté detenida en puntos no determinados.

*Estación portable de aficionado:* Es toda estación fija de aficionado cuya utilización se realiza con carácter temporal, y en desplazamientos periódicos y sistemáticos, en una ubicación distinta de la habitual, con prohibición de utilizarla durante su traslado.

*Estación portátil:* Estaciones que en atención a sus características de tamaño y antena incorporada puedan ser transportadas y accionadas por el propio aficionado en cualquier ubicación e incluso en movimiento.

*Radioaficionado:* Designa de forma genérica a cualquier titular de licencia de estación de aficionado, de autorización de segundo Operador o de tarjeta de escucha que ha sido expedida de conformidad con el presente Reglamento.

## 20.3 CAPITULO II: CONDICIONES GENERALES

Artículo 2.º Las estaciones de aficionados se regulan por el presente Reglamento, por la normativa nacional en materia radioeléctrica y supletoriamente por el Reglamento de Radiocomunicaciones ajeno al Convenio Internacional de Telecomunicaciones vigente y por cualquier otra disposición sobre esta materia que pudiera dictarse en lo sucesivo.

Artículo 3.º 1. Para la utilización de estaciones de aficionados es imprescindible obtener la previa autorización de la Dirección General de Correos y Telecomunicación, que otorgará la licencia correspondiente, con arreglo a las condiciones generales, técnicas y de procedimiento que se establecen en el presente Reglamento. Estas licencias tendrán carácter personal e intransferible.

2. Las licencias a súbditos extranjeros se otorgarán conforme a los Convenios o Acuerdos Gubernamentales en la materia.

3. Previamente a la obtención de una licencia de estación de aficionado, o de la autorización para segundo Operador, los interesados deberán demostrar poseer los conocimientos y capacidad técnica necesarios para manipular la estación mediante la aprobación, en su caso, del examen correspondiente a la clase de licencia o de autorización de segundo Operador, de conformidad con el anexo 1 al presente Reglamento.

Artículo 4.º 1. Las licencias de las estaciones de aficionado y las autorizaciones de segundo Operador se clasifica en:
— General (clase A).
— Restringida (clase B), y
— Limitada, o de principiante (clase C).

Todo ello en base a la potencia, clase de emisión y frecuencias, conforme se especifica en el anexo 2 al presente Reglamento.

2. La edad mínima necesaria para obtener una licencia de estación de aficionado o la autorización de segundo Operador, es de 15 años cumplidos.

3. Para que se otorgue una licencia de estación de clase A, o la autorización correspondiente de segundo Operador, serán condiciones indispensables las siguientes:

Primera. — Haber sido titular, durante seis meses, por lo menos, de una licencia de estación de clase B o de clase C, o de una autorización de segundo Operador en una de dichas clases, sin que en el transcurso de dicho período se hayan presentado quejas o reclamaciones importantes debidamente justificadas contra el solicitante.

Segunda. — Justificar, con fotocopia compulsada del «libro diario» y mediante la presentación de las correspondientes tarjetas de «acuse de recibo» (QSL), el haber realizado, por lo menos, setenta y cinco enlaces.

4. La vigencia de las licencias de estaciones de aficionados, de autorizaciones de segundo Operador y de tarjetas de escucha terminará el 31 de diciembre del año en que fueron expedidas, siendo renovables, por la tácita, de año en año, mediante el abono de los cánones correspondientes.

5. La válidez máxima de una licencia de clase C será de dos años, transcurridos los cuales sin haber obtenido una licencia de clase A, quedará sin efecto y se declarará su caducidad.

Artículo 5.º Excepto en el caso de titulares de licencia de clase C:

1. Se podrá otorgar a una misma persona más de una licencia de estación de aficionado, con expresa prohibición de intercambiar radiocomunicaciones entre estaciones de un mismo titular.

2. Cuando por razones particulares esté justificado se podrá otorgar a una misma persona una segunda licencia de estación fija de aficionado.

3. El titular de una licencia de estación fija de aficionado que desee utilizarla como portable deberá indicarlo a la Dirección General de Correos y Telecomunicación para que dicha circunstancia quede reflejada en la licencia correspondiente.

4. Una estación móvil de aficionado podrá instalarse en un automóvil propiedad del titular de la licencia.

5. En circunstancias especiales, previa consulta con las autoridades competentes, y en las condiciones que se determinen podrá autorizarse la instalación de una sola estación de aficionado a bordo de un barco, siempre que conste por escrito la conformidad del propietario o armador del mismo, así como en un barco de recreo (a vela, remo o motor) propiedad del titular de la licencia.

6. Caso de que la estación de aficionado esté formada por un equipo emisor/receptor, el titular de la licencia podrá hacer uso de la misma como fija en su ubicación permanente o móvil, en vehículo de su propiedad siempre que el elemento radiante de la estación fija tenga carácter permanente y que el vehículo disponga de la instalación adecuada para una antena permanente o fácilmente desmontable, debiendo reflejarse en la licencia correspondiente tal doble utilización.

7. El titular de una licencia de estación móvil queda autorizado para proceder al traslado de la misma a otro vehículo de su propiedad, con la obligación de notificar dicha circunstancia a la Dirección General de Correos y Telecomunicación, en el plazo de diez días, para la debida anotación en la licencia correspondiente.

8. Excepcionalmente, con motivos de ensayos de propagación, concurso, etc. podrá autorizarse el traslado y consecuente utilización, con carácter temporal limitado, del conjunto de una estación fija de aficionado, o de algunos elementos de la misma, a un lugar distinto de su ubicación permanente.

Artículo 6.º Las sociedades de radioaficionados, radioclubs, etc., podrán ser autorizados a instalar en su domicilio social una estación de aficionado de cuya utilización será responsable un miembro de la sociedad designado por su Junta Directiva, el cual deberá ser titular de licencia de clase A.

Artículo 7.º Las condiciones técnicas a que han de ajustarse en su funcionamiento las estaciones de aficionado se detallan en el anexo 2 del presente Reglamento.

Artículo 8.º 1. Una vez obtenida la licencia su titular queda autorizado para realizar, con carácter de experimentación, cualquier modificación en las instalaciones y equipos que componen la estación, siempre que tales modificaciones no supongan alteración de la clase de licencia. En el caso de que tales modificaciones sean introducidas con carácter permanente, el titular de la licencia deberá remitir a la Dirección General de Correos y Telecomunicación, en el plazo de diez días, la documentación complementaria a la prevista en el apartado 1 del artículo 20 del presente Reglamento, con inclusión de las modificaciones introducidas.

2. Cualquier modificación en una estación de aficionado que tenga como consecuencia la alteración de la clase de licencia necesaria para su utilización deberá ser previamente autorizada por la Dirección General de Correos y Telecomunicación, que deberá exigir, en su caso, al titular demostrar su suficiencia en aquellas materias cuyo conocimiento no le haya sido pedido para la obtención de la licencia anterior.

Artículo 9.º Las estaciones de aficionado quedan sometidas a la inspección de la Dirección General de Correos y Telecomunicación, que se ejercerá en la forma y tiempo que estime oportunos, quedando obligados los titulares de las mismas a facilitar el acceso a los emplazamientos de las instalaciones a los funcionarios expresamente autorizados para ello.

Artículo 10.º Los solicitantes de licencia de estación de aficionado y los titulares de las mismas vendrán obligados a abonar los cánones y tasas correspondientes, según el Decreto de tarifas vigentes en cuanto les sea de aplicación.

Artículo 11.º 1. En caso de renunciar a la licencia su titular viene obligado a solicitar de la Dirección General de Correos y Telecomunicación la cancelación de la misma, de no hacerlo así habrá de continuar satisfaciendo el canon correspondiente.

2. Cuando se cancele la licencia, cualquiera que sea la causa, el interesado estará obligado, desde luego, a proceder al desmontaje de las instalaciones, incluso de los sistemas radiantes, todos los gastos a su cargo, lo que podrá comprobarse mediante visita de inspección.

## 20.4 CAPITULO III: IDENTIFICACION DE ESTACIONES DE AFICIONADO

Artículo 12.º 1. El distintivo de llamada se constituirá por un grupo alfanumérico del modo siguiente:

—Las dos primeras letras de una de las series internacionales atribuidas a España en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Estas letras serán distintas y específicas para cada clase de licencia.

—Una cifra, la que corresponda al ordinal del distrito donde esté ubicada la estación fija o resida el titular de la licencia de estación móvil, según proceda, con arreglo a la división geográfica que más adelante se indica, quedando reservada la cifra «0» (cero) para su asignación en circunstancias especiales, y

—Dos o tres letras que, con las excepciones señaladas en el artículo 14.º se asignarán, ordenadas alfabéticamente, por turno riguroso de expedición de la licencia.

2. Respecto a lo especificado en el último párrafo del apartado 1, se excluirán los grupos de letras que expresen abreviaturas o señales específicas previstas en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

Artículo 13.º La cifra del distintivo de llamada que identifica el Distrito se asignará con arreglo a la siguiente distribución geográfica:

Distrito 1.º Provincias de Oviedo, La Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra, Avila, Segovia, Soria, Logroño, Burgos, Santander, Palencia, Valladolid, León, Zamora y Salamanca.

Distrito 2.º Provincias de Vizcaya, Alava, Guipúzcoa, Navarra, Huesca, Zaragoza y Teruel.

Distrito 3.º Provincias de Barcelona, Gerona, Lérida y Tarragona.

Distrito 4.º Provincias de Madrid, Toledo, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Badajoz y Cáceres.

Distrito 5.º Provincias de Valencia, Alicante, Castellón de la Plana, Murcia y Albacete.

Distrito 6.º Provincia de Baleares.

Distrito 7.º Provincias de Sevilla, Cádiz, Huelva, Granada, Málaga, Almería, Jaén y Córdoba.

Distrito 8.º Provincias de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas.

Distrito 9.º Ceuta y Melilla.

Artículo 14.º 1. En caso de que el titular de una o varias licencias se traslade de domicilio, implicando cambio de Distrito, se le podrá reservar, durante cinco años, uno sólo de los distintivos que tenía asignados.

2. En caso de fallecimiento del titular de una licencia se reservará el distintivo durante el plazo máximo de dos años a disposición de algún familiar del mismo que obtuviera una licencia de estación ubicada en el mismo distrito. En caso de confluencia de solicitudes el orden de preferencia para otorgar dicho distintivo sería: cónyuge, hijos, hermanos y dentro de estos últimos grupos el de mayor edad.

3. Transcurridos los plazos arriba mencionados sin haberse solicitado la asignación de los distintivos, los interesados perderán todo derecho de los mismos, pudiendo disponerse de ellos por la Dirección General de Correos y Telecomunicación para su asignación en caso necesario.

## 20.5 CAPITULO IV: SEGUNDO OPERADOR Y TARJETA DE ESCUCHA

Artículo 15.º Una estación de aficionado podrá ser usada o manipulada por un solo segundo Operador, previamente autorizado por la Dirección General de Correos y Telecomunicación, el cual ha de reunir los requisitos siguientes:

1.º Ser cónyuge o pariente hasta el cuarto grado del titular de la licencia de la estación y habitar en el domicilio de éste.

2.º Haber aprobado el examen de aptitud establecido para los titulares.

3.º La utilización de la estación se hará en las mismas condiciones que el titular, el cual asumirá la responsabilidad que pueda derivarse de la actuación del segundo Operador.

Artículo 16.º La Dirección General de Correos y Telecomunicación podrá expedir Tarjeta de Escucha, previa solicitud de los interesados, para el envío de «acuse de recibo» de comunicaciones de aficionado. El distintivo de estas tarjetas estará constituido por:

1.º Las letras EA.

2.º Una cifra indicativa del distrito, según lo establecido por el artículo 13 del presente Reglamento.

3.º Una serie de cifras que reflejan el orden correlativo de expedición de la autorización.

4.º La edad mínima para obtener una Tarjeta de Escucha será de catorce años.

## 20.6 CAPITULO V: PROCEDIMIENTO

Artículo 17.º El interesado en obtener una licencia para la instalación y uso de una estación de aficionado, para manipularla como segundo Operador, o para disponer de una Tarjeta de Escucha, deberá cursar la oportuna solicitud, mediante instancia en forma, dirigida a la Dirección General de Correos y Telecomunicación, a través del Centro Provincial de Telecomunicación que corresponda a su residencia habitual.

Artículo 18.º 1. Admitida la solicitud que se formule para la instalación y uso de una estación de aficionado o autorización para segundo Operador, los interesados deberán demostrar su suficiencia mediante examen escrito y

prueba práctica en una Subdelegación Provincial de Comunicaciones o en la Escuela Oficial de Telecomunicación, según cuestionario que, para toda clase de licencia, se detalla en el anexo 2 y que versará sobre las siguientes materias:

Primera-Conocimiento suficiente de electricidad y radioelectricidad para manipular una estación de aficionado.

Segunda-Conocimiento de la normativa, en general, referente a las estaciones de aficionado.

Tercera-Prueba práctica de manejo de una estación de aficionado.

Cuarta-Opcionalmente, realizará pruebas sobre conocimiento de señales del código Morse, si se propone hacer enlaces en grafía, empleando este código.

2. Los exámenes se realizarán en los meses de febrero, julio y octubre de cada año, dándose a cada una de las diversas pruebas que se detallan en el apartado 1 del presente Artículo, así como al conjunto de las mismas, la calificación de «aptos» o «deficientes».

3. Los interesados que no hubieran obtenido la calificación de «apto» en todas o en algunas de las pruebas que se detallan en el apartado 1 del presente artículo en una convocatoria, tendrán derecho a repetir una sola vez en la convocatoria siguiente el examen de la prueba o pruebas no superadas, a cuyo efecto deberán solicitar del Director de la Escuela Oficial de Telecomunicación o del Subdelegado Provincial de Comunicaciones, según proceda, la realización de la prueba o pruebas correspondientes. Caso de no obtener la calificación de «apto» en la totalidad de las pruebas en dos convocatorias sucesivas, los interesados deberán iniciar de nuevo el procedimiento tal como se establece en el Artículo 17 del presente Reglamento.

4. Los Tribunales de examen en las Subdelegaciones Provinciales de Comunicaciones estarán constituidos por el Subdelegado Provincial de Comunicaciones como Presidente, que podrá ser sustituido por el Jefe de los Servicios de Telecomunicación y, como Vocales, un Ingeniero Superior o Técnico y otro funcionario de la plantilla de la Subdelegación Provincial de Comunicaciones.

5. Podrá, asimismo, formar parte como Vocal de los Tribunales de examen, incluso en la Escuela Oficial de Telecomunicación, el radioaficionado titular de licencia de clase A más antiguo que resida en la ciudad donde se realicen los exámenes, o, en su defecto, uno de los que sucesivamente le sigan en antigüedad.

6. La calificación de cada una de las pruebas del examen, así como el conjunto de las mismas, se hará conforme a la decisión mayoritaria de los miembros del Tribunal, lo que se reflejará en el acta correspondiente suscrita, al menos, por la mayoría de los miembros del respectivo Tribunal.

Artículo 19.º Quedarán exentos de la obtención previa de licencia de clase C, así como del examen de las materias o de la realización de las pruebas a que hace referencia el artículo 18 del presente Reglamento, los funcionarios de Telecomunicación que hayan sido examinados de dichas materias para ingreso en sus respectivos Cuerpos; los militares afectos a Servicios de Transmisiones y los titulados en alguna profesión del ramo de la Radioelectricidad, que justifiquen poseer los conocimientos y práctica necesarios mediante la aportación de documento acreditativo de los mismos.

Artículo 20.º 1. Superado el examen, los interesados aspirantes a una licencia, deberán presentar, en el plazo máximo de seis meses, en la Jefatura Provincial de Telecomunicación correspondiente a su lugar de residencia, una memoria descriptiva de la estación que deseen instalar, si tal es el caso, en la que especificarán las características de los equipos y elementos accesorios, acompañada de diagramas y esquemas funcionales de los mismos, así como la valoración de todos sus componentes.

2. Excepcionalmente, y previa solicitud, a quienes hayan superado las pruebas del examen para aspirantes a licencia de clase C podrá expedírseles una licencia de dicha clase que les faculte para operar una estación de Sociedad de Radioaficionado, Radioclub, etc., a las que se refiere el artículo 6.º del presente Reglamento, sin necesidad de efectuar el montaje de una estación individual.

3. Dentro del plazo señalado en el apartado 1 del presente artículo el interesado remitirá por el mismo conducto un certificado negativo de antecedentes penales y una partida de nacimiento, la cual podrá ser sustituida por fotocopia compulsada del documento nacional de identidad con vigencia, de la hoja pertinente «del libro de familia», o bien, del pasaporte o permiso de residencia, en el caso de súbditos extranjeros.

Artículo 21.º 1. Cuando por la documentación a que se refiere el artículo anterior se estime que tanto el solicitante como la estación que se pretende instalar cumplen los requisitos del presente Reglamento, el interesado será autorizado a efectuar el montaje de la estación, debiendo abstenerse de realizar emisiones hasta tanto no reciba la licencia correspondiente, que se extenderá en modelo oficial como se especifica en el anexo 3 al presente Reglamento.

2. Dicha licencia tendrá carácter provisional hasta que en el reconocimiento facultativo de las instalaciones se compruebe que las mismas coinciden con los datos que figuran en la documentación presentada y que su funcionamiento se ajusta a las características técnicas exigibles, extremo que se hará constar en la licencia.

Artículo 22.º Los funcionarios del Estado en activo quedarán exentos, previa justificación de su situación administrativa, de pesentar la documentación a que se refiere el apartado 3 del artículo 20 del presente Reglamento.

Artículo 23.º Los menores de edad, mayores de quince años, aportarán un escrito de autorización de sus padres o personas a cuyo cargo estén, responsabilizándose de las consecuencias de la indebida utilización e infraciones en que puedan incurrir los menores autorizados.

## 20.7 CAPITULO VI: NORMAS PARA LA EXPLOTACION DE ESTACIONES DE AFICIONADO

Artículo 24.º 1. Las transmisiones entre estaciones de aficionado se efectuarán en lenguaje claro y deberán limitarse a mensajes de naturaleza técnica relativo a ensayos y observaciones de carácter puramente personal, para los que, por su poca importancia, no esté justificada la utilización de los servicios públicos de telecomunicaciones.

2. Toda estación de aficionado dispondrá de un libro diario, de páginas numeradas, en el que se anotarán las horas de emisión (referidas al tiempo medio de Greenwich-TMG), frecuencias y longitudes de ondas empleadas y distintivos de todos sus corresponsales.

3. Además de la utilización prevista en el apartado dos del artículo 20 del presente Reglamento, la manipulación o uso de estaciones de aficionados sólo podrá realizarse por el titular de la licencia correspondiente, su segundo operador y, ocasionalmente, por otro titular de una licencia que le faculte para ello, bajo la responsabilidad y firma de ambos en el libro diario. En el caso de operador ocasional, no se podrá establecer comunicación con la propia estación de la cual es titular.

4. En todo caso el funcionamiento de una estación de aficionado de una sociedad de radioaficionado, radioclub, etc., cuando sea operada por el titular de una licencia de clase C debidamente autorizado u ocasionalmente por otro titular de licencia deberá ajustarse a las condiciones de la licencia del Operador circunstancial de la estación en cuestión.

5. Todo titular de licencia de estación de aficionado vendrá obligado a prestar su colaboración a los servicios oficiales de Protección Civil al ser requerido para ello cuando circunstancias especiales lo justifiquen.

Artículo 25.º Durante sus emisiones, las estaciones de aficionado transmitirán sus distintivos de llamada a cortos intervalos. Al comienzo y al final de la emisión deberá repetirse, por lo menos, tres veces el distintivo.

Artículo 26.º 1. La identificación de las estaciones móviles y portables se efectuarán añadiendo a su distintivo de llamada constituido conforme se detalla en el artículo 12.º, del presente Reglamento las expresiones «/M» o «/P» en grafía o las palabras «móvil» o «portable», según proceda.

2. Cuando una estación de aficionado sea operada ocasionalmente por otro radioaficionado distinto del propio titular, el distintivo de llamada será el de la estación utilizada seguido del correspondiente al Operador ocasional.

3. Igual procedimiento deberá seguirse en el caso de una estación de sociedad de radioaficionado, radioclub, etc., cuando sea utilizada por un titular de licencia de clase C autorizado para ello.

Artículo 27.º En el tráfico entre estaciones de aficionados queda prohibido:

1.º La transmisión de comunicaciones de terceras personas o con destino a un tercero.

2.º El intercambio o divulgación y captación de mensajes que no se refieren a esta actividad, con excepción de las llamadas de socorro.

3.º La transmisión de mensajes cuyo contenido suponga una infracción a las leyes o puedan coadyuvar el desorden público.

4.º El empleo de expresiones malsonantes u ofensivas.

5.º El tráfico con estaciones no autorizadas.

6.º El empleo de las señales de socorro «SOS» o «MAYDAY».

7.º La emisión de música, anuncios, propaganda o informaciones de cualquier tipo análogas a las emisiones de radiodifusión.

Se exceptúa la emisión, a efectos de control o medida, de series de tonos musicales de una duración máxima de dos minutos.

8.º La emisión de distintivos de llamada o de señales de identificación falsos o engañosos.

9.º La emisión de una onda portadora no modulada o no manipulada. Se exceptúa tal emisión de una duración corta y sólo a efectos de ensayos o ajustes.

Artículo 28.º No está permitido que una estación de aficionado se conecte con otras instalaciones de telecomunicación ni que retransmita por medios acústicos, inductivos o de cualquier otra naturaleza mensajes procedentes de aquéllas.

Artículo 29.º El titular de una licencia de estación de aficionado está obligado a evitar el uso abusivo de su estación y, en particular, a tomar las adecuadas medidas de seguridad para impedir su utilización por personas no autorizadas.

Artículo 30.º El titular de una licencia de estación de aficionado está obligado a adoptar las normas de seguridad necesarias para evitar cualquier tipo de accidente derivado del uso de la estación. La Administración no será responsable, en ningún caso, del incumplimiento de tales normas.

## 20.8 CAPITULO VII: RESPONSABILIDADES

Artículo 31.º Con independencia de lo previsto en el artículo 24 del presente Reglamento, se considerará responsable de toda infracción al titular de la licencia, propietario o usuario de las instalaciones o locales donde se encuentren instaladas, según los casos.

Artículo 32.º Los titulares de la licencia o de autorizaciones que incurran en responsabilidad de una falta de la misma naturaleza que otra por la que hubieren sido corregidos anteriormente, podrán ser considerados reincidentes y podrán ser sancionados, no sólo con los correctivos que el caso correspondieren, sino además con la cancelación definitiva de la licencia.

Artículo 33.º Las medidas provisionales o definitivas de la incautación de las instalaciones y las subsiguientes operaciones de desmontaje y traslado del material que la integre serán en todo caso, por cuenta, y a riesgo del infractor.

## 20.9 CAPITULO VIII: INFRACCIONES Y SANCIONES

Artículo 34.º Las infracciones contra los preceptos de este Reglamento se calificarán en faltas leves, graves y muy graves.

1. Son faltas leves:

*a*) Efectuar radiocomunicaciones con otra estación de la que se es titular.

*b*) Utilización como portable de una estación fija sin autorización de la Dirección General de Correos y Telecomunicación.

*c*) Rebasar los plazos reglamentarios determinados para notificaciones, remisión de documentación, etc., a la Dirección General de Correos y Telecomunicación así como el tiempo especificado en las autorizaciones temporales.

*d*) No emitir el distintivo de llamada o hacerlo de forma incorrecta.

*e*) Carecer de libro diario.

*f*) Emplear expresiones malsonantes u ofensivas.

*g*) Emplear las señales de socorro «SOS» o «MAYDAY».

2. Son faltas graves:

*a*) Impedir el acceso a los emplazamientos de las instalaciones a los funcionarios expresamente autorizados para ello.

*b*) No abonar los cánones y tasas correspondientes.

*c*) Modificar las instalaciones o equipos de manera que supongan alteración en la clase de licencia.

*d*) Permitir el uso de la estación, de la que se es titular, por personas no autorizadas.

*e*) Realizar emisiones sin haber obtenido aún la licencia o autorización de segundo operador correspondiente.

*f*) Efectuar emisiones en lenguaje secreto.

*g*) Falsear el libro diario o no cumplimentarlo debidamente.

*h*) Transmitir comunicaciones de terceras personas o con destino a un tercero.

*i*) Emitir una onda portadora no modulada o no manipulada, excepto si tal emisión es de corta duración y a efectos de ensayos o ajustes.

*j*) Intercambiar mensajes con estaciones presuntamente no autorizadas.

*k*) Carecer la estación de las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier tipo de accidente.

*l*) Causar interferencias perjudiciales a otras instalaciones radioeléctricas legalmente autorizadas o perturbar el funcionamiento de otros servicios de telecomunicación, pese a haber sido requerido a su eliminación.

*m*) No eliminar o reducir a niveles aceptables las interferencias a la recepción de emisiones de radiodifusión o televisión a requerimiento de la Dirección General de Correos y Telecomunicación.

*n*) Reincidir en una falta leve.

3. Son faltas muy graves:

*a*) Falsear los documentos de comprobación para que se otorgue la licencia.

*b*) Captar, intercambiar o divulgar mensajes que no se refieran a esa actividad, con excepción de las llamadas de socorro.

*c*) Emitir distintivos de llamada o señales de identificación falsos o engañosos.

*d*) Transmitir mensajes cuyo contenido suponga una infracción a las leyes o puedan coadyuvar el desorden público.

*e*) Intercambiar mensajes con estaciones clandestinas.

*f*) Emitir música, anuncios, propaganda o informaciones de cualquier tipo análogas a las emisiones de radiofusión.

*g*) Reincidir en una falta grave.

Artículo 35.º Las infracciones a que hace referencia el artículo anterior serán sancionadas con arreglo a la siguiente escala.

1. Por faltas leves:

*a*) Multa de 100 a 1.000 pesetas.

2. Por faltas graves:

*a*) Multa de 1.001 a 5.000 pesetas.

*b*) Suspensión provisional de la licencia de uno a tres meses, con precintado de los equipos.

*c*) Incautación provisional de los equipos, que será elevada a definitiva si en el plazo de tres meses no se regulariza la situación por el interesado.

3. Por faltas muy graves:

*a*) Multa de 5.001 a 20.000 pesetas.

*b*) Incautación definitiva de los equipos.

*c*) Cancelación de la licencia.

La sanción de multa será compatible con cualquiera de las otras sanciones.

## 20.10 CAPITULO IX: INTERFERENCIAS

Artículo 36.º Las estaciones de aficionado no deben ocasionar interferencias perjudiciales a otras instalaciones radioeléctricas legalmente autorizadas, ni perturbar el funcionamiento de otros servicios de telecomunicación de utilidad pública, debiendo cesar en sus emisiones hasta haber eliminado las causas de tal interferencia perjudicial.

Artículo 37.º Si previa comprobación por la Dirección General de Correos y Telecomunicación se determinase que una estación de aficionado causa interferencias a la recepción de emisiones de radiofusión o de televisión, el titular de la licencia correspondiente deberá adoptar todas las medidas de tipo técnico a su costa para eliminarla o reducirla a niveles aceptables.

Artículo 38.º En caso de que no sea posible hacer desaparecer la interferencia o reducirla a niveles aceptables de conformidad con el artículo anterior, la Dirección General de Correos y Telecomunicación podrá imponer a la estación de aficionado restricciones en cuanto a las bandas de frecuencias, potencia y horario de las emisiones.

Artículo 39.º Si la interferencia se debe a defectos de construcción o instalación comprobados del equipo interferido, el titular de la licencia de la estación de aficionado y el propietario del equipo receptor interferido, por acuerdo mutuo, decidirán las medidas a tomar para eliminar la interferencia o reducirla a niveles aceptables.

## 20.11 DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera — Los actuales concesionarios de estaciones de quinta categoría que deseen seguir operando las mismas a partir del 1 de enero de 1980 deberán formular ante la Dirección General de Correos y Telecomunicación, en el plazo de tres meses a partir de la entrada en vigor del presente Reglamento, una solicitud por cada estación que tengan autorizada y que deseen seguir utilizando, interesando la expedición de una licencia de estación de aficionado para cada una de ellas y señalando la clase de licencia (A o B) pretendida.

En la solicitud se especificará, además de los datos personales del interesado, el distintivo de llamada autorizado, la ubicación y naturaleza de la estación (fija, móvil, fija/móvil, fija/portable, fija/móvil/portable), el número de equipos transmisores, expresando para cada uno de ellos la banda de frecuencias, la clase de emisión y la potencia utilizada, el número de equipos receptores, una descripción de las antenas de emisión y recepción, la clase de alimentación de los equipos, y los aparatos de medida de que disponga. Asimismo, y como anexos de la solicitud, se acompañará una descripción sucinta de los elementos que constituyen cada estación y los esquemas funcionales correspondientes.

Segunda. — Antes del 31 de diciembre de 1979, la Dirección General de Correos y Telecomunicación otorgará las licencias solicitadas conforme a los términos anteriores expresados, procediéndose simultáneamente a la cancelación de las concesiones que amparaban la utilización de las estaciones.

Tercera. — Las solicitudes de concesiones de estaciones de quinta categoría que se encuentran en fase de tramitación a la entrada en vigor del presente Reglamento serán sustanciadas conforme a lo previsto en el mismo.

## 20.12 DISPOSICIONES FINALES

Primera. — Los anexos 1 a 3 del presente Reglamento forman parte integrante del mismo.

Segunda. — Queda facultada la Dirección General de Correos y Telecomunicación para modificar los anexos 1 a 3 del presente Reglamento a medida que la evolución de la tecnología de las radiocomunicaciones justifique la exigencia de nuevos conocimientos o cuando, como consecuencia de acuerdos internacionales que afecten a la Reglamentación de las estaciones de aficionado, sea necesario alterar las condiciones técnicas o de funcionamiento de las mismas.

Tercera. — Asimismo se faculta a la Dirección General de Correos y Telecomunicación para interpretar cuantas dudas suscite este Reglamento, para dictar las instrucciones precisas para su aplicación y resolver los casos no comprendidos en el mismo, en especial y por su carácter excepcional, cuando los solicitantes de licencia sean personas físicamente disminuidas.

Cuarta. — Las actuales concesiones de estaciones de quinta categoría quedarán definitivamente extinguidas el 31 de diciembre de 1970, estando a partir de dicha fecha prohibida su utilización, y por consiguiente, teniendo tales estaciones la consideración de clandestinas, a no ser que de conformidad con las disposiciones transistorias primera y segunda se haya obtenido la licencia correspondiente.

Quinta. — Quedan derogadas las siguientes disposiciones:

Artículo 34.º de la Orden ministerial de Gobernación de 14 de junio de 1924.

Orden ministerial de Gobernación de 12 de abril de 1949.

Orden ministerial de Gobernación de 22 de mayo de 1951.

Orden ministerial de Gobernación de 10 de noviembre de 1953.

Orden ministerial de Gobernación de 22 de febrero de 1956.

Orden ministerial de Gobernación de 11 de mayo de 1965.

Orden ministerial de Gobernación de 3 de diciembre de 1970.

Orden ministerial de Gobernación de 30 de septiembre de 1971.

Instrucciones de Gobernación de 20 de mayo de 1949.

Instrucciones de la Dirección General de Correos y Telecomunicación de 25 de mayo de 1973.

Circular de la Jefatura Principal de Telecomunicación de 19 de mayo de 1970.

Circular de la Jefatura Principal de Telecomunicación de 24 de junio de 1970.

Asimismo quedan derogadas cuantas disposiciones se opongan a lo establecido en el presente Reglamento.

Lo que comunico a V.I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V.I.

Madrid, 28 de febrero de 1979.-P.D. el Subsecretario de Transportes y Comunicaciones, Alejandro Rebollo Alvárez-Amandi.

Ilmo. Sr. Director General de Correos y Telecomunicación.

## 20.13 ANEXO I: MATERIAS DE EXAMEN

1. Licencia de clase C (principiantes).

1.1 Prueba teórico-práctica sobre algunas de las siguientes materias, desarrollada por escrito, durante una hora, como máximo:

— Unidades eléctricas (sistema internacional)
— Tensión y corriente continuas.
— Tensión y corriente alternas.
— Válvulas o tubos termoiónicos.
— Semiconductores.
— Micrófonos. Amperímetros, Voltímetros.
— Reglamentación en materia de estaciones de aficionado.
— Código de deletreo.
— Precauciones que deben observarse para evitar accidentes por manipulación incorrecta de estaciones de aficionado.
— Primeros auxilios.

1.2 Prueba de ajuste de una estación de aficionado, o similar, de características equivalentes a las que corresponden a una licencia de clase C.

2. Licencias de clase A y B.

2.1 Prueba escrita teórico-práctica sobre alguna de las siguientes materias, desarrollada por escrito, durante una hora, como máximo.

— Teoría elemental de la electricidad. Unidades eléctricas (sistema internacional). Tensión y corriente continuas. Ley de Ohm. Resistencias: asociación en serie y en paralelo. Potencia. Imanes permanentes y electroimanes. Inducción y autoinducción. Capacidad, condensadores, diversos tipos.

— Corriente alterna y tensión alterna. Circuitos con resistencia, capacidad y autoinducción. Impedancia. Resonancia. Transformadores.

— Válvulas o tubos termoiónicos y semiconductores.

— Teoría. Diodos, triodos y multielectrodos. Uso de válvulas y semiconductores, como osciladores, amplificadores, detectores, etc. Distorsión: armónicos. Rectificación.

— Emisores y receptores. Circuitos oscilantes: uso de cristales de cuarzo para estabilizar osciladores; multiplicadores de frecuencia. Modulación de amplitud, frecuencia y fase. Emisión y recepción en banda única y modulación de frecuencia. Indice de modulación. Sobremodulación. Cómo evitarla.

— Esquema de estaciones de aficionado.

— Propagación de ondas radioeléctricas, Bandas de frecuencia. Interferencias perjudiciales. Radiaciones no esenciales; valores límites. Cómo evitarlas.

— Antenas; directividad. Diversos tipos de antenas. Acoplamientos. Alimentadores («Feeders»).

— Medidas de corriente y de tensión en audio y radiofrecuencia. Aparatos y métodos de medida. Osciloscopio de rayos catódicos.

— Medidas a adoptar para evitar accidentes debidos a altas tensiones. Aislamientos.

— Primeros auxilios en caso de accidentes debidos a la electricidad.

Reglamentación en materia de estaciones de aficionado.

2.2 Opcionalmente, probará su aptitud para transmitir en Morse y recibir a oído textos en señales de Código Morse.

2.3 Prueba práctica de ajuste y manipulación de una estación de aficionado, o similar, de características equivalentes a las que corresponden a una licencia de clase A o de clase B, según proceda.

## 20.14 ANEXO 2: CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ESTACIONES DE AFICIONADO

1. *Terminología*

1.1 Anchura de banda necesaria: Para una clase de emisión dada, anchura de la banda de frecuencias estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de la información a la velocidad y con la calidad requeridas en condiciones específicas.

1.2. Anchura de banda ocupada: Anchura de la banda de frecuencias tal que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emitan potencias medias iguales cada una a un 0,5 por 100 de la potencia media total de una emisión dada.

1.3. Frecuencia característica: Frecuencia que puede identificarse y medirse, fácilmente en una emisión determinada.

1.4.1. Potencia de un transmisor radioeléctrico de aficionado: Se entiende por potencia de un transmisor radioeléctrico de aficionado la máxima posible de disipación de colector en caso de emplearse transistores. La disipación anódica y las potencias disipadas que se tomarán en consideración serán las indicadas en los catálogos del fabricante.

1.4.2. Potencia isótropa radiada equivalente (PIRE). Es el producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena isótropa en una dirección dada (ganancia isótropa o absoluta).

1.5. Emisión fuera de banda: Emisión en una o varias frecuencias situadas inmediatamente fuera de la anchura de banda necesaria, resultante del proceso de modulación, excluyendo las emisiones no esenciales.

1.6. Emisión no esencial: Emisión en una o varias frecuencias situadas fuera de la anchura de banda necesaria, cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y los productos de la conversación de frecuencias están comprendidas en las emisiones no esenciales, pero están excluidas las emisiones fuera de banda.

1.7. Interferencia perjudicial: Toda emisión, radiación o inducción que comprometa el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad o que perjudique gravemente, perturbe o interrumpa reiteradamente un servicio de radiocomunicación legalmente establecido o un servicio internacional de radiocomunicación que funcione de conformidad con el Reglamento de Radiocomunicaciones, anejo al Convenio Internacional de Telecomunicaciones.

*2. Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en las radiocomunicaciones.*

| Número de la banda | Símbolos (en inglés) | Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior) | Subdivisión métrica correspondiente | Abreviaturas métricas para las bandas |
|---|---|---|---|---|
| 4 | VLF | 3 a 30 kHz | Ondas miriamétricas | B. Mam |
| 5 | LF | 30 a 300 kHz | Ondas kilométricas | B. km |
| 6 | MF | 300 a 3.000 kHz | Ondas hectométricas | B.hm |
| 7 | HF | 3 a 30 MHz | Ondas decamétricas | B.dam |
| 8 | VHF | 30 a 300 MHz | Ondas métricas | B.m |
| 9 | UHF | 300 a 3.000 MHz | Ondas decimétricas | B.dm |
| 10 | SHF | 3 a 30 GHz | Ondas centimétricas | B.cm |
| 11 | EHF | 30 a 300 GHz | Ondas milimétricas | B.mm |
| 12 | | 300 a 3.000 GHz | Ondas decimilimétricas | |

Nota 1: La "banda N" (N = número de la banda) se entiende de $0{,}5 \times 10^N$ Hz a $3 \times 10^N$ Hz.

Nota 2: Prefijos: k = kilo ($10^3$), M = mega ($10^6$), G = giga ($10^9$).

3. *Denominación de las emisiones*

A1A. Telegrafía Morse sin modulación por audiofrecuencia (manipulación por interrupción de portadora).

A1B. Telegrafía para recepción automática sin modulación por audiofrecuencia.

A2A. Telegrafía Morse con manipulación por interrupción de la subportadora moduladora.

A2B. Telegrafía para recepción automática con manipulación por interrupción de la subportadora moduladora.

A3E. Telefonía de doble banda lateral, portadora, completa (1).

R3E. Telefonía de banda lateral única, portadora reducida (2).

J3E. Telefonía de banda lateral única, portadora suprimida (3).

A3C. Facsímil con modulación de la portadora, directamente por la información o por medio de una subportadora modulada en frecuencia.

F1A. Telegrafía Morse con manipulación por desviación de frecuencia, sin modulación por una audiofrecuencia; se emite siempre en una de las dos frecuencias.

F2A. Telegrafía Morse con manipulación por interrupción de una audiofrecuencia moduladora de frecuencia o con manipulación por interrupción de la emisión modulada en frecuencia.

F2B. Telegrafía para recepción automática con manipulación por interrupción de una audiofrecuencia moduladora de frecuencia o con manipulación por interrupción de la emisión modulada en frecuencia.

F1D. Transmisión de datos con manipulación por desviación de frecuencia, sin modulación por una audiofrecuencia.

F2D. Transmisión de datos con manipulación por interrupción de una audiofrecuencia moduladora de frecuencia.

F3E (G3E). Telefonía, modulación de frecuencia (o de fase).

F3C. Facsímil con modulación de frecuencia de la portadora.

K1A. Telegrafía con manipulación por interrupción de una portadora transmitida por impulsos, sin modulación por una audiofrecuencia.

K2A. Telegrafía con manipulación por interrupción de una o más audiofrecuencias de modulación o con manipulación por interrupción de una portadora de impulsos modulados, audiofrecuencia o audiofrecuencias modulando la amplitud de los impulsos.

L2A. Telegrafía con manipulación por interrupción de una o más audiofrecuencias de modulación o con manipulación por interrupción de una portadora de impulsos modulados, audiofrecuencia o audiofrecuencias modulando la anchura (o la duración) de los impulsos.

K3E. Telefonía, modulación por impulsos en amplitud.

L3E. Telefonía, modulación por impulsos en anchura (o duración).

M3E. Telefonía, modulación por impulsos en fase (o posición).

C3F. Televisión, modulación de banda lateral residual.

F3F. Televisión, modulación de frecuencia.

(1) La onda portadora emitida habrá de serlo con una potencia de 6 dB (seis decibelios), como máximo, por debajo de la potencia de cresta.

(2) La onda portadora emitida habrá de serlo con una potencia de, al menos, 16 dB (dieciséis decibelios) por debajo de la potencia de cresta.

(3) La onda portadora y la banda lateral suprimida deberán tener un nivel inferior, al menos de 40 dB (cuarenta decibelios) por debajo de la potencia de cresta.

4. *Cuadro de características de las estaciones de aficionado*

| Banda de frecuencias — MHz | Clases de emisión | Clases de licencias | Potencia — Máxima en vatios | Notas |
|---|---|---|---|---|
| 1.830-1.850 | (1) A1A, A1B, A2A, A2B, A3E, R3E, J3E, A3C, F1A, F2A, F2B, F1D, F2D, F3E, F3C, F3F, en todas las bandas señaladas por (1) | A | 250 | |

| Banda de frecuencias — MHz | Clases de emisión | Clases de licencias | Potencia — Máxima en vatios | Notas |
|---|---|---|---|---|
| 3.500- 3.550 | (1) | A | 250 | |
| 3.550- 3.600 | (2) Solamente A1A A2A en las tres bandas señaladas por (2) | A, C | 20 | (3) |
| 3.600- 3.700 | (1) | A, C | 20 | (3) |
| 3.700- 3.800 | (1) | A | 250 | |
| 7.000- 7.020 | (1) | A | 250 | |
| 7.020- 7.030 | (2) | A, C | 20 | (3) |
| 7.030- 7.100 | (1) | A | 250 | |
| 10.1075-10.1135 | (1) | A | 250 | (4) |
| 14.000-14.350 | (1) | A | 250 | |
| 21.000-21.030 | (1) | A | 250 | |
| 21.030-21.150 | (2) | A, C | 20 | (3) |
| 21.150-21.200 | (1) | A, C | 20 | (3) |
| 21.200-21.450 | (1) | A | 250 | |
| 28.000-28.900 | (1) | A | 250 | |
| 28.900-29.100 | (1) | A, C | 20 | (3) |
| 29.100-29.700 | (1) | A | 250 | |
| 144-146 | (1) | A, B | 50 | |
| 430-440 | (1) y C3F. | A, B | 50 | |

| Banda de frecuencias — GHz | Clases de emisión | Clases de licencias | Potencia — PIRE máx. (dBW) | Notas |
|---|---|---|---|---|
| 1,24-1,30 | (1) y C3F. | A,B | 30 | (4) |
| 2,30-2,45 | (1) y K1A, K2A, L2A, K3E, L3E, M3E en las bandas de frecuencias superiores a 2,30 GHz | A,B | 30 | (4) |
| 5,65- 5,85 | | A,B | 30 | (4) |
| 10,00-10,50 | | A,B | 30 | (4) |
| 24,00-24,05 | | A,B | 30 | (5) |
| 24,05-24,25 | | A,B | 30 | (4) (5) |
| 47,00-47,20 | | A,B | 30 | |
| 75,50-70,00 | | A,B | 30 | (4) |
| 76-81 | | A,B | 30 | |
| 142-144 | | A,B | 30 | |
| 144-149 | | A,B | 30 | (4) |
| 241-248 | | A,B | 30 | (4) |
| 248-250 | | A,B | 30 | |

—(3) La banda en cuestión está reservada para las comunicaciones entre titulares de licencia de clase C o entre titulares de licencia A y C, en cuyo caso la potencia de las estaciones de clase A debería en lo posible, reducirse a valores próximos a 20 vatios.

(4) La banda de frecuencia indicada está atribuida al servicio de aficionados a título secundario. Por consiguiente, las emisiones de aficionado no deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario o permitido, ni pueden reclamar protección contra interferencias causadas por estaciones de un servicio primario o permitido, de acuerdo con la siguiente distribución.

| | | |
|---|---|---|
| —10,1075-10,1135 | MHz, | servicio primario: Fijo. |
| — 1,24 - 1,26 | GHz, | servicio primario: Radiolocalización y radionavegación por satélite (espacio-Tierra). |
| — 1,26 - 1,30 | GHz, | servicio primario: Radiolocalización. |
| — 2,30 - 2,45 | GHz, | servicio primario: Fijo. |
| — 5,65 - 5,725 | GHz, | servicio primario: Radiolocalización. |
| — 5,725 - 5,85 | GHz, | servicio primario: Fijo por satélite (Tierra-espacio) y radiolocalización. |
| —10,00 -10,45 | GHz | servicio primario: Fijo, móvil y radiolocalización. |
| —10,45 -10,50 | GHz, | servicio primario: Radiolocalización. |
| —24,05 -24,25 | GHz, | servicio primario: Radiolocalización. |
| — 76-81 | GHz, | servicio primario: Radiolocalización. |
| — 144-149 | GHz, | servicio primario: Radiolocalización. |
| — 241-248 | GHz, | servicio primario: Radiolocalización. |

(5) La banda 24-24,25 GHz (frecuencia central 24,125 GHz) está designada para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM). Los servicios de radiocomunicaciones que funcionan en esta banda deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones.

5. *Prescripciones técnicas.*

1. La Dirección General de Correos y Telecomunicación podrá autorizar, en casos especiales, otras clases de emisión distintas de las indicadas, así como valores de potencia de emisión superiores a los que se mencionan en la columna correspondiente.

2. La estación de aficionado debe estar construida de acuerdo con el estado de desarrollo de la técnica radioeléctrica.

3. Las frecuencias de emisión deben mantenerse tan estables como lo permite el estado de la técnica para las estaciones de este género. Los límites de las bandas de frecuencias utilizables no deben sobrepasarse.

4. La potencia media de todo componente no esencial suministrado por un transmisor a la línea de transmisión de la antena no deberá rebasar los siguientes valores:

Frecuencias inferiores a 30 MHz: 40 dB (40 decibelios) por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria, sin exceder de 50 milivatios.

Frecuencias entre 30 y 235 MHz; 60 dB (60 decibelios) por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria, cuando dicha potencia es superior a 25 vatios, sin exceder de 1 milivatio; o 40 dB (40 decibelios) por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria cuando ésta es igual o inferior a 25 vatios, sin exceder de 25 microvatios.

Frecuencias entre 235 y 960 MHz, 60 dB (60 decibelios) por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria, cuando dicha potencia es superior a 25 vatios, sin exceder de 20 milivatios; o 40 dB (40 decibelios) por debajo de la potencia media cuando ésta es igual o inferior a 25 vatios, sin exceder de 25 microvatios.

5. La potencia emitida y la duración de las emisiones deben limitarse a lo estrictamente necesario; se prohíbe toda radiación inútil de energía radioeléctrica.

6. Para todos los ensayos que no exijan una radiación desde la antena se debe emplear un circuito de antena ficticia (carga artificial) no radiante.

7. Las estaciones de aficionado deberán, en todo caso, cumplir con el Reglamento sobre perturbaciones parásitas (Decreto 2000/1966, de 14 de julio, «Boletín Oficial del Estado» número 192, de 12 de agosto).

8. La potencia de la radiación perturbadora de los receptores de la estación de aficionado no debe rebasar 4 nW (cuatro nanovatios) en las bandas de frecuencias del servicio de radiodifusión sonora y de televisión.

9. La estación de aficionado deberá estar provista de los aparatos de medida precisos para determinar su funcionamiento en condiciones técnicas favorables.

10. La alimentación de los componentes activos del equipo emisor-receptor se hará exclusivamente en corriente continua o a partir de corriente alterna rectificada y suficientemente filtrada, estabilizada y carente de rizado como permita la técnica del momento.

11. La antena o las antenas no podrán estar acopladas directamente al paso final de salida de radiofrecuencia, debiendo disponerse de las células adaptadoras de acoplamiento de impedancias y de filtros supresores de armónicos (paso bajo) que sean precisos.

ESPAÑA / ESPAGNE / SPAIN

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION GENERAL DE CORREOS
Y TELECOMUNICACION

PTA 25

VEINTICINCO PESETAS

**LICENCIA DE ESTACION DE AFICIONADO**

**LICENCE DE STATION D'AMATEUR**

**AMATEUR RADIO LICENCE**

El titular de la presente licencia se compromete a tomar cuantas medidas sean necesarias para que al funcionamiento de la estación cumpla estrictamente la reglamentación vigente en cada momento.

Le titulaire de la présente licence s'engage à prendre toutes les mesures nécessaires afin que l'exploitation de la station soit strictement conforme aux réglements en vigueur.

The holder of this licence shall commit himself to take all the neccessary actions in order to keep strictly the operation of the station in conformity with the regulations in force.

Firma / Sig.

2 x A6 MEPSA

El titular
Le titulaire / The holder

Nombre y apellidos
Prénom et nom / Fullname

Fecha de nacimiento
Date de naissance / Date of birth

Nacionalidad
Nationalité / Nationality
=E=

Domicilio
Domicile / Address

queda autorizado para instalar y utilizar una estación de aficionado cuyas características se reseñan a continuación, de conformidad con el Reglamento de estaciones de aficionado aprobado por Orden Ministerial de: 28-2-1979

est autorisé à établir et exploiter une station d'amateur dont les caractéristiques sont indiquées ci-après, en conformité du Réglement de station d'amateur, aprouvé par arrêté Ministeriel du

is hereby authorized to set up and operate an amateur radio station which the specifications are shown below, pursuant to Regulations of the amateur stations adopted by Ministerial Act of

Ubicación de la estación
Emplacement de la station / Location of the station

Distintivo de llamada
Indicatif d'appel / Call sign

Clase de licencia
Type de licence / Class of licence
"A"

Segundo operador
Opérateur supplémentaire / Second operator

Lugar y fecha
Lieu et date / Place and date
Barcelona

Autoridad y firma
Autorité et signature / Authority and signature
Sello

28-9-1982

Espacio para otras anotaciones oficiales
Espace pour d'autres inscriptions officielles
Space for additional official entries

EST. MOVIL: VEHIC. B-[illegible]

Transceptor Marca: [illegible]
Modelo: [illegible]

Barcelona, 28 Septiembre 1.982
EL JEFE DE LOS SERVICIOS
DE TELECOMUNICACION,

RECONOCIMIENTO FACULTATIVO FAVORABLE
Barcelona 5 de Nov. de 1982
EL TECNICO MEDIO,

Espacio reservado para anotación del pago de los cánones anuales
Espace pour marquer le payment des taxes annuelles
Space to mark the yearly payments of the fees.

| | | |
|---|---|---|
| [illegible] 1982 | 1983 | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Modelo de licencia de estación de radioaficionado.

## 20.15 REGLAMENTO DE LA IARU

### 20.15.1 Constitución: Artículo I. Nombre, objetivos y organización

1. El nombre de esta organización es Unión Internacional de Radioaficionados, en adelante llamada Unión.
2. Sus objetivos serán:

(*a*) La promoción y coordinación de las comunicaciones bilaterales entre radioaficionados.
(*b*) El estímulo de acuerdos entre las sociedades nacionales de radioaficionados sobre asuntos de interés y bienestar comunes.
(*c*) El adelanto de la radio.
(*d*) La representación de los intereses de los radioaficionados en las conferencias internacionales de telecomunicaciones.

(*e*) El fomento de la amistad internacional.
(*f*) La promoción de cualquier actividad adicional que pudiera estar ligada a los objetivos mencionados.

3. La Unión comprende:
   1) Todas las Sociedades Miembros.
   2) Las tres organizaciones regionales (Artículo IV-1).
   3) La Oficina Central de la Union (Artículo V-1).
   4) El Comité Ejecutivo (Artículo VIII-1) de las organizaciones regionales.
4. La administración de la Unión corre a cargo de la Oficina Central de la misma.
5. El manejo de cada región está a cargo del Comité Ejecutivo pertinente.

### 20.15.2 Artículo II - Miembros

1) La composición de la Unión constará de las sociedades nacionales de radioaficionado que en la fecha de la adopción de estos estatutos, sean Sociedades Miembros de la Unión de acuerdo a su anterior estatuto, así como de cualquier otra sociedad nacional de radioaficionado que pueda subsiguientemente ser admitida según se estipula más adelante.
2) La sociedad nacional de radioaficionado se define como una asociación no comercial de radioaficionados, dedicada en forma sustancial a los intereses de la experimentación y comunicación entre radioaficionados, y que abarque sustancialmente, por influencia y reconocimiento, el país o territorio separado donde se encuentran.
3) Habrá una sola sociedad miembro de la Unión por cada país o territorio separado.
4) Las Sociedades Miembros estarán obligados a apoyar, en toda la medida de sus posibilidades, los intereses de las comunicaciones bilaterales de los radioaficionados.
5) Las Sociedades miembros deberán adherirse a los estatutos y el reglamento de la Unión, excepto en los casos de reservas indicadas explícitamente, tal como se menciona en el acápite II-8.
6) Las Sociedades Miembros enviarán a la Oficina Central un informe anual, avisos de cambios de dirección, formularios de votación debidamente llenados, así como cualquier otra información relacionada con las actividades de la Unión.
7) Cada Sociedad Miembro tendrá derecho a efectuar propuestas, o enmiendas a propuestas, mediante carta dirigida a la Oficina Central, y tendrá derecho a un voto.
8) Cada Sociedad Miembro puede hacer reservas para el cumplimiento de los estatutos, Reglamentos de la Unión, respaldar una propuesta, negarse a acatarla, siempre que ésta esté apoyada en el hecho de ser contraria a las leyes de su país, a su propia constitución, reglamento, a políticas establecidas, y siempre que ésta sea comunicada a la oficina central en fonma oportuna y acompañada de pruebas pertinentes.
9) En lo que concierne a la Unión, ésta no cobrará cuota de ingreso. Sin embargo, las organizaciones regionales tal como se definen en el Artículo IV, tendrán derecho a establecer cuotas de acuerdo con sus propios procedimientos.

### 20.15.3 Artículo III - Admisión y término de la condición de miembro

1) Cualquier sociedad nacional de radioaficionados que cumpla los requisitos del párrafo II-2 y que desee ser miembro de la Unión, presentará una solicitud por carta a la Oficina Central.
2) La solicitud escrita para admisión como miembro deberá ir acompañada de:
   — Una copia de los estatutos de la sociedad solicitante.
   — Cualquier otra información que resulte de utilidad para establecer la idoneidad de la sociedad solicitante y la conveniencia de que se le acepte como miembro.
   — Una declaración que indique que la sociedad solicitante obedecerá los estatutos y Reglamentos de la Unión.
   — Una declaración que incluya cualquier reserva que desee formular la sociedad solicitante y las pruebas pertinentes, según lo establece el artículo II-8.
3) La Oficina Central publicará la solicitud a la mayor brevedad posible, dentro de los tres meses, en el siguiente calendario, o en un calendario especial, acompañada de informaciones y comentarios suficientes para que los miembros puedan votar sobre su admisión.
4) Los votos de las Sociedades Miembros sobre una solicitud de ingreso deben llegar a la Oficina Central dentro de un plazo de tres meses desde su publicación en el Calendario.
5) Una Sociedad Miembro puede renunciar a la Unión mediante aviso anticipado de 90 días y por escrito, dirigido a la Oficina Central. Al término de este período, la Oficina Central aceptará la renuncia, la cual será anunciada en el siguiente Calendario.
6) En el caso que una Sociedad Miembro no cumpliera sus deberes a cabalidad, según se indica en estos Artículos, se considerará causa suficiente para rescindir su condición de miembro de la Unión.
7) Si tres o más Sociedades Miembros solicitan por escrito la expulsión de un miembro de la Unión, por las causas indicadas en la petición, la Oficina Central considerará el asunto y, si pareciera haber suficiente razón, notificará a la sociedad acusada sobre los cargos en su contra. La sociedad acusada tendrá derecho a presentar una defensa escrita dirigida a la Oficina Central en un plazo de noventa días. La Oficina Central procederá a publicar tanto la acusación como la defensa en el siguiente Calendario, y someterá la cuestión al voto de los miembros. Si en opinión de dos tercios de los miembros de la Unión se llegan a comprobar fehacientemente los cargos contra la Sociedad acusada, y ésta no ha presentado su renuncia mientras tanto, cesará en su condición de miembro.

### 20.15.4 Artículo IV-Organizaciones regionales

1) Una Organización Regional estará formada por Sociedades Miembros de IARU, ubicadas en países o territorios separados comprendidos dentro de las fronteras de una de las Regiones en que la Unión Internacional de Telecomunicaciones ha dividido el mundo, para fines de asignación de frecuencia.
2) Sólo habrá una Organización Regional por cada Región.
3) Los objetivos y actividades principales de las Organizaciones Regionales, estarán dedicados a la promoción, coordinación y representación durante y entre las conferencias internacionales de telecomunicaciones, de los intereses del grupo de Sociedades Miembros en las comunicaciones bilaterales entre radioaficionados. Además, la Organización Regional fomentará todas las demás actividades de radioaficionados.
4) Cada Organización Regional puede operar según su

propio Reglamento, que no podrá ir en contra de la Constitución, Regulaciones o política acordada por la Unión.
5) Cada Organización Regional contará con un cuerpo de dirección y finanzas propias.
6) No existen obligaciones ni responsabilidades financieras mutuas entre Organizaciones Regionales.
7) Cada Organización Regional informará a la Oficina Central sobre las actividades administrativas que se efectúan dentro de su Región.
8) La representación de los intereses de los radioaficionados en las Conferencias Internacionales de Telecomunicaciones se hará en coordinación con la Oficina Central y otras Organizaciones Regionales.

### 20.15.5 Artículo V-Oficina Central y funcionarios

1) La Oficina Central de la Unión funcionará en la sede de la Sociedad Miembro elegida por la votación de los miembros para servir como tal.
2) El servicio de la Sociedad Miembro elegida como oficina Central, actuará como tal por un período indefinido, que durará hasta que la Sociedad Miembro renuncie al nombramiento, o hasta que los miembros elijan a otra Sociedad Miembro para que la suceda. La Sociedad Miembro que estuviera prestando tal servicio, continuará funcionando como Oficina Central hasta que su sucesora designada haya aceptado el nombramiento.
3) La Sociedad Miembro elegida para oficiar como Oficina Central deberá, durante su período, financiar los gastos normales que demande la operación de la Oficina Central, con sus propios fondos, pero no estará obligada a gastar su propio dinero, en nombre de la Unión, para cualquier cosa que no sean los gastos normales de operación de la Oficina Central, según se estipula en el estatuto.
4) Cualquier Sociedad Miembro puede proponer que se cambie a la Sociedad que actúa como Oficina Central. La propuesta debe publicarse en el siguiente número del Calendario.
5) Si la Sociedad Miembro que actúa como Oficina Central considera necesario por cualquier razón, descontinuar sus servicios como tal, avisará del hecho y las razones, a los miembros, en el siguiente Calendario, y solicitará ofertas y propuestas para la selección de una sucesora. Luego, conducirá y confirmará una elección especial, a la mayor brevedad posible, para escoger a su sucesora.
6) Una vez que se ha decidido cuál va a ser la nueva Oficina Central, todos los registros, documentos, archivos y cualquier otra propiedad de la Unión, serán trasladados a ella de inmediato.
7) La Unión estará integrada por un Presidente, un Vicepresidente y un Secretario. El Presidente, Primer Vicepresidente y Secretario de la Sociedad Miembro elegida para servir como Oficina Central de la Unión, actuarán en sus respectivos cargos como funcionarios de la Unión durante el período en que su Sociedad funcione como Oficina Central.
8) Ninguna persona comercialmente identificada con la fabricación, venta o alquiler de aparatos de radio será aceptada para servir como funcionario de la Unión.
9) Cualquier funcionario de la Sociedad Miembro seleccionada para servir como Oficina Central tendrá opción a declinar el desempeñar un cargo similar en la Unión. En caso de producirse una vacante en cualquier cargo de la Unión, por no ser elegible o por renunciar a desempeñar el cargo asignado, la Sociedad Miembro que actúa como Oficina Central recomendará a otro funcionario responsable y calificado de su sociedad para dicho cargo, y tal recomendación será publicada en el Calendario para información de todos los miembros. El voto afirmativo de la mayoría de los miembros servirá para elegir a dicho sustituto para el puesto vacante. Todos los funcionarios de la Unión deben ser residentes del país cuya sociedad sea elegida para funcionar como Oficina Central.

### 20.15.6 Artículo VI-Administración

1) El Presidente tendrá a su cargo la supervisión general de los asuntos de la Unión y será responsable de dirigir el trabajo del Secretario en el manejo de la correspondencia, registros, fondos y el Calendario. Será asimismo responsable del trabajo y conducta de la delegación que represente a la Unión en las Conferencias Internacionales de Telecomunicaciones. Puede nombrar a otra persona para actuar en su ausencia.
2) El Vicepresidente será responsable de los asuntos de supervisión general que le sean delegados por el Presidente, a quien reemplazará en caso de ausencia o indisposición.
3) El Secretario será quien administre los asuntos cotidianos de la Unión, bajo la dirección del Presidente. Conducirá la correspondencia general y mantendrá archivos con todos los registros de las acciones que se tomen. Registrará asimismo todas las reuniones que se realicen en nombre de la Unión, siempre que la Unión cuente con fondos propios, que son diferentes de los fondos de la Sociedad Miembro que sirve como Oficina Central, el Secretario será responsable de estos fondos y responderá por ellos ante el Presidente. En el Calendario se publicará anualmente un estado de cuentas. El Secretario bajo la dirección del Presidente, coordinará y publicará el Calendario, y manejará la correspondencia y registros relacionados con el mismo.
4) Un boletín periódico llamado el Calendario será publicado por la Oficina Central por lo menos dos veces por año, en junio y diciembre. El Calendario incluirá todos los cuestionarios, propuestas, cartas circulares y otra información destinada a las Sociedades Miembros.
5) Las propuestas pueden ser efectuadas por las Sociedades Miembros así como por la Oficina Central. Todas las propuestas llevarán el nombre de la Sociedad Miembro u Oficina Central que las presenten, serán enumeradas consecutivamente y aparecerán listadas en el Calendario por la Oficina Central. El Calendario será enviado a todas las Sociedades Miembros, incluyendo la solicitud de que envíen sus votos por correo. Excepto en el caso de que se haga una propuesta relativa a una enmienda de la Constitución de la Unión, cuyo Artículo VIII.1 dispone que tal acción será decidida por una votación de dos tercios de la totalidad de miembros de la Unión, toda acción de la Unión será determinada por el voto concurrente de una mayoría absoluta de las Sociedades Miembros cuyos votos hayan sido recibidos en la Oficina Central dentro de un plazo de cinco meses contados desde la fecha de emisión del Calendario respectivo.
Cualquier propuesta que no recibiera el voto concurrente de una mayoría absoluta de las Sociedades Miembros arriba indicadas se considerará perdida. Las propuestas promulgadas tendrán carácter obligatorio para todos los miembros de la Unión, excepción hecha de las observaciones mencionadas en el párrafo II-8. En caso que una Sociedad Miembro deseara presentar una enmienda a

una propuesta, la enmienda deberá ser enviada a la Oficina Central por el medio más rápido disponible, para que pueda ser recibida antes de que haya transcurrido la mitad del tiempo de votación estipulada (dos meses y medio). La Oficina Central enviará copia de la enmienda a todas las Sociedades Miembros dentro de un límite de 14 días de ser recibida. En el caso de que una Sociedad Miembro ya haya registrado su voto sobre la propuesta original, podrá reconsiderar su decisión luego de recibir la enmienda. Los votos sobre enmiendas y/o instrucciones para revocar el voto anterior deberán ser recibidos por la Oficina Central dentro de un plazo de votación de cinco meses estipulado anteriormente. Los Miembros estarán obligados a remitir su voto a la Oficina Central sobre las propuestas de cada Calendario por correo lo más rápido posible. Tan pronto como se determina la acción de la Unión, el Secretario informará los resultados a todos los Miembros, y anunciará qué propuestas se han aprobado y cuáles se han perdido.

6) La Oficina Central deberá brindar todo el incentivo y ayuda posibles para el desarrollo de la radioafición en los países que no son miembros de la Unión, con el fin de que puedan cobrar existencia en dichos países, sociedades fuertes y estables dedicadas al bienestar de la radioafición, y a las que pueda invitarse a solicitar su incorporación a la Unión.

### 20.15.7 Artículo VII - Comité Ejecutivo

1) La administración de una Organización Regional y sus actividades corren por cuenta de un Comité Ejecutivo.
2) Los miembros del Comité Ejecutivo son elegidos por las Sociedades Miembros pertinentes de la Organización Regional de acuerdo con las regulaciones de la misma.
3) La administración del Comité Ejecutivo de la organización regional deberá cumplir con el Artículo IV del estatuto y con las regulaciones de su Organización Regional.

### 20.15.8 Artículo VIII - Enmiendas

La Constitución puede ser enmendada por una votación de los tercios del número total de miembros de la Unión,

*Resumen de las Diversas Regulaciones Adoptadas por la UNION*

(Aparte de aquéllas que resultaran en enmiendas al texto de la Constitución)

1) (*a*) Los detalles completos referentes al status de todas las sociedades que soliciten su incorporación a la Unión deberán publicarse en el Calendario al momento de ser propuestas para su elección.
(*b*) Toda sociedad ubicada en una colonia, protectorado o territorio cualquiera que se encuentre bajo la jurisdicción de una sociedad «nacional» deberá obtener el respaldo de dicha sociedad por escrito antes de que se le pueda considerar apta para incorporarse a la IARU.
2) Ninguna sociedad miembro podrá aceptar ni conservar como uno de sus miembros a ninguna persona residente en un territorio donde esté establecida otra sociedad miembro (llamada en adelante la sociedad nacional), salvo que dicha persona sea:
1) Un miembro prestigiado de dicha sociedad nacional;
2) Ciudadano de la nación que posee o controla el territorio donde esté establecida dicha sociedad miembro.

En caso de surgir una disputa entre los miembros con relación a la extensión del territorio en el que están establecidos, la Oficina Central tomará la decisión definitiva.

(La ARRL y la RSGB notifican que por razones de política no están obligadas a observar la Regla N.º 2, correspondiente al Artículo IV, párrafo 3, de la Constitución).

3) (*a*) Ninguna sociedad miembro podrá reconocer en forma alguna ni tener relación con ninguna otra sociedad de radioaficionados que primeramente opere o esté establecida o nazca en el territorio principal donde ya se encuentre establecida una sociedad miembro, más aún si dicha sociedad, en opinión de la sociedad miembro, es una sociedad rival, competitiva o disidente de su propia organización.
(*b*) Todas las sociedades miembros dejarán de remitir las tarjetas QSL a las sociedades no miembros en los países donde exista una sociedad miembro reconocida oficialmente por la Unión. Las sociedades miembros se comprometerán a aceptar las tarjetas QSL dirigidas a no miembros de la sociedad nacional, siempre que tales no miembros paguen por la entrega o envío de las tarjetas.

(La RSGB notifica que no puede estar obligada por la Regla 3 (*a*), del artículo IV, párrafo 3, de la Constitución).

(La DASD, RB y SARRL notifican que por razones de política no pueden estar obligadas por el segundo dispositivo de la Regla 3(*b*), del Artículo IV, párrafo 3, de la Constitución).

4) (*a*) En reconocimiento del notable logro alcanzado en la radiocomunicación amateur internacional bidireccional, la Unión otorgará certificados conocidos como «WAC» (Worked All Continents), auspiciados y pagados por la Oficina Central, conmemorando el establecimiento de la comunicación bidireccional entre estaciones de radioaficionados, en cada uno de los seis continentes reconocidos en todo el mundo.
(*b*) Las solicitudes para el otorgamiento de dichos certificados serán transmitidos por el solicitante, acompañadas de pruebas concretas, a la sede de la sociedad miembro del país en que reside.
La sede de la sociedad miembro examinará a continuación las pruebas y, si las encuentra satisfactorias, dará fe de ello a la Oficina Central, la cual entonces emitirá el certificado y lo entregará directamente al solicitante. Si el solicitante reside en un país que no está representado por una sociedad miembro de la Unión, la solicitud será transmitida directamente a la Oficina Central de la Unión.
(*c*) Si el solicitante reside en un país que está representado en la Unión por una sociedad miembro de la misma, será necesario que se incorpore a dicha sociedad miembro para poder hacerse acreedor a tal distinción.
(1) Las sociedades miembros deberán indicar a la Oficina Central cuáles son los límites geográficos precisos de las zonas en las que están organizadas para información de la Oficina Central.
(*d*) Las pruebas de los méritos esenciales para el otorgamiento de certificados WAC, vale decir, la comunicación bidireccional con aficionados en los seis continentes reconocidos, serán las tarjetas QSL o pruebas escritas equivalentes, que indiquen claramente la realización de una comunicación bidireccional, o en su defecto, una inspección practicada por una autoridad competente, en el libro de guardia de la estación. Dicha autoridad

puede de ordinario ser un funcionario de otra sociedad miembro de la Unión.

(*e*) Por acuerdo internacional, se han adoptado los siguientes límites para indicar oficialmente las seis subdivisiones continentales reconocidas del mundo:

Polo Norte a lo largo de 180º —Isla Wrangel—Cabo Príncipe de Gales Alaska—170º Este, 50º Norte—120º Ecuador oeste—Polo Sur a lo largo de 120º Oeste.

Polo Norte a lo largo del meridiano de Greenwich-Latitud de Bear I—40º Oeste, 60º Norte, 40º Oeste, 20º Norte—20º ecuador Oeste—Polo Sur a lo largo de 20º Oeste.

Polo Norte a lo largo de 80º Este—80º Norte—Frontera entre Rusia y Siberia—a lo largo de la frontera entre Rusia y Siberia—Mar Caspio alrededor de costa occidental Mar Caspio a la frontera persa—a lo largo de frontera Norte de Persia y Asia Menor al Mar Negro—a través del Mediterráneo hacia la frontera entre Palestina y Egipto (por ejemplo, un punto de la costa aproximadamente 25 millas al este de El Arisch), a lo largo de la frontera al Golfo de Akaba—costa occidental del Mar Rojo al Cabo Gordufui—justo al Sur de Sokotra y de frente a 60º Este, 12º Norte—60º E Ecuador 90ºE Ecuador—Polo Sur a lo largo de 90º Este.

90º E Ecuador—Punto septentrional de Sumatra y de frente al continente a lo largo de la costa hacia Singapur. 120ºEste, 20ºNorte—140ºEste, 20ºNorte—170ºEste, 50ºNorte.

40ºLatitud Oeste del Cabo Spartel (Africa) aproximadamente 36ºNorte Cabo Spartel—a lo largo de la costa de Africa—frontera entre Palestina y Egipto.

120º Oeste Ecuador—100º Oeste sobre Ecuador—frontera entre Norte y Sur de América a lo largo de esta frontera al Mar Caribe alrededor de la costa a Pta. Gallinas—Punto Septentrional de Curaçao al Punto Septentrional de Tortuga al Punto Septentrional de Tobago—40º Oeste, 20º Norte.

(*f*) Para poder hacerse acreedor a la distinción, todos los contactos efectuados por el solicitante deberán hacerse desde una estación (en lo relativo a licencia y letras de identificación, aunque no necesariamente de aparato), operada en una localidad. El término localidad debe interpretarse como un área metropolitana, o, en su defecto, un área cuyo diámetro no sobrepase de 40 km.

(*g*) Los poseedores del certificado WAC tienen derecho a utilizar las letras «WAC» en sus tarjetas de estación y correspondencia.

5) La IARU está de acuerdo en la conveniencia de usar un alfabeto fonético estándar cuando se transmite por radiotelefonía. Se recomienda el siguiente:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A-Able | F-Foz | K-King | P-Peter | U-Uncle |
| B-Baker | G-George | L-Love | Q-Queen | V-Víctor |
| C-Charlie | H-How | M-Mike | R-Roger | W-William |
| D-Dog | I-Item | N-Nan | S-Sugar | X-Xray |
| E-Easy | J-Jig | O-Oboe | T-Tare | Y-Yoke |
| | | | | Z-Zebra |

6) El código RSM, que abarca los informes RS de amplio uso entre los aficionados y que agrega un nuevo número M para informar sobre la calidad de modulación según se indica a continuación, ha sido adoptado por la Unión para utilizarse en las transmisiones radiotelefónicas:
M-1- Modulación ininteligible.
M-2- Modulación defectuosa debido a oscilaciones espurias o parásitas o a causas desconocidas.
M-3- Modulación defectuosa debido a modulación de frecuencia de la portadora.
M-4- Modulación defectuosa por sobremodulación.
M-5- Buena modulación, que no sobrepasa el 100%.

7) En las Conferencias Internacionales de Telecomunicaciones, la Unión estará representada por lo menos por un delegado de cada una de las tres Regiones del mundo; en lo concerniente a la Región I los gastos de representación de la IARU en dichas Conferencias se computarán proporcionalmente sobre la base del número de licencias de transmisión que están en vigencia al inicio de la conferencia.

8) La Unión ha adoptado el siguiente plan voluntario para la banda de 21 MHz.
21.000-21.150 kHz - únicamente telegrafía
21.150-21.450 kHz - telefonía (AM y FM) y telegrafía

9) (*a*) Para concursos internacionales se adopta un sistema estándar de numeración.

(*b*) El sistema de numeración constará de un número de serie de cinco o seis cifras, conformado por el informe RS o RST seguido de tres cifras que pueden comenzar por cualquier número entre 001 y 100 para el primer contacto y cuyo valor aumentará en uno por cada contacto sucesivo.

(La ARRL se reserva el derecho de descontinuar el uso de este sistema si se vuelve inoperable para la Competencia Anual DX, según el Artículo IV, párrafo 3, de la Constitución)

(*c*) Las sociedades miembros publicarán los resultados alcanzados por sus propios conacionales (y otros si es posible) en todas las competencias internacionales, en sus respectivas publicaciones.

(La ARRL y RCA notifican que no pueden estar obligadas por la Regla Nº 9 (*c*), de acuerdo con el Artículo IV, párrafo 3, de la constitución).

10) (*a*) La Unión otorgará versiones de cinco y seis bandas de la distinción WAC (Worked All Continents). La distinción básica se conocerá como «Five-Band Worked All Continents» (5BWAC). Al presentar prueba de este logro adicional, se podrá otorgar una certificación para la distinción «Six-Band-Worked All Continents» («6BWAC»).

(*b*) El candidato enviará las solicitudes, acompañadas de los originales de las confirmaciones requeridas, a la sede de la sociedad miembro del país de su residencia. La sede de la sociedad miembro examinará entonces la solicitud y, si la considera satisfactoria, dará fe de ello a la Oficina Central, la que emitirá el certificado y lo entregará directamente al solicitante, Si éste reside en un país que no está representado en la Unión su solicitud será enviada directamente a la Oficina Central.

(*c*) Si el solicitante reside en un país que está representado en la Unión, será necesario que sea socio de la sociedad miembro representativa, para poder hacerse acreedor a la distinción.

(*d*) Las fronteras continentales definidas en las regulaciones WAC regirán para 5BWAC y 6BWAC.

(*e*) Para fines de obtener la distinción, los contactos deben hacerse desde una estación (en lo relativo a licencia y letras de identificación, pero no necesariamente al equipo), operada en una localidad. El término «localidad» debe interpretarse como la representación de un área metropolitana, o en su defecto, un área cuyo diámetro no sobrepase de 40 km.

(*f*) Con el fin de hacerse acreedor a esta distinción, los contactos deben efectuarse a partir del 1.º de enero de 1974.

# diccionario inglés-español de términos utilizados en radiocomunicaciones

21

*Eugenio Rey Veiga*

## a

**abnormal propagation.** *propagación anormal.* Propagación de las ondas de radio en la cual las condiciones inestables tanto atmosféricas como ionosféricas interfieren la comunicación.

**abnormal reflection.** *reflexión anormal.* Reflexión de ondas radioeléctricas provenientes de una capa ionizada y producidas a frecuencias superiores a la frecuencia crítica o de penetración.

**absorption fading.** *desvanecimiento por absorción.* Desvanecimiento de las señales radioeléctricas debido a variaciones en la cantidad de energía absorbida por la ionosfera.

**absorption loss.** *pérdida por absorción.* 1) Pérdida de potencia resultante del acoplamiento con circuitos o conductores vecinos. 2) Parte de la pérdida de transmisión debido a la disipación de la energía transmitida, o sea, su conversión en otras formas de energía (calor), sea en el propio medio de transmisión, sea al producirse una reflexión. 3) Parte de la atenuación de una onda, generalmente expresada en dB, debida únicamente al fenómeno de la absorción.

**AC/DC receiver.** *(receptor de CA/CC).* Receptor de radio que trabaja con tensiones de alimentación bien en CC o en CA. También se denomina receptor universal.

**achromatic antenna.** *antena acromática.* Antena cuyas características son uniformes en una banda de frecuencia específica.

**AC power supply.** *fuente de alimentación de corriente alterna (CA).* Unidad de alimentación que proporciona una o más tensiones de salida de CA, tal como generadores de CA, inversores o transformadores.

**AC receiver.** *receptor de CA.* Receptor de radio que se alimenta únicamente a partir de corriente alterna.

**active communication satellite.** *satélite de comunicaciones activo.* Satélite de comunicaciones que amplifica una señal recibida antes de retransmitirla de nuevo a la tierra.

**actual frequency.** *frecuencia real.* Dícese de la frecuencia medida en un oscilador controlado por cristal que se diferencia del valor de la frecuencia nominal marcada en el cristal.

**adjacent-channel interference.** *interferencia de canal adyacente.* Perturbación producida por la señal de un canal contiguo.

**admittance.** *admitancia.* Medida de la facilidad con que circula la corriente por un circuito; es recíproca de la impedancia. La admitancia es en CA, lo que la conductancia en CC.

**aerial.** *antena.* Parte de un sistema radioeléctrico destinada a radiar o a captar las ondas hertzianas. Término utilizado en Inglaterra para denominar a las antenas; en EE.UU. emplean la voz antenna.

**AF.** Abreviatura de audiofrecuencia.

**AFC.** *CAF.* Abreviatura de automatic frequency control.

**AF noise.** *ruido de audiofrecuencia (AF).* Interferencia en la señal de audio introducida por una fuente ajena a la señal de audio.

**AGC.** *CAG.* Abreviatura de automatic gain control.

**air-core transformer.** *transformador con núcleo de aire.* Dícese del transformador que tiene dos o más bobinas arrolladas sobre una fibra o material no magnético y sin hierro en sus circuitos magnéticos. Se utiliza fundamentalmente en transformadores de RF, de FI, bobinas de antena, o bobina de oscilador.

**all-wave antenna.** *antena para toda onda.* Antena capaz de responder o funcionar en un amplio margen de frecuencias. Generalmente se refiere a una antena receptora para ondas largas y cortas que cubre todas las bandas de radiodifusión.

**all-wave receiver.** *receptor para toda onda.* Receptor de radio apto para la recepción de todas las estaciones de radiodifusión, tanto de onda larga como de onda corta.

**AM.** *AM.* Abreviatura de amplitude modulation.

**amateur.** *aficionado.* Término que designa a una persona en posesión de una licencia, emitida por las autoridades a dicho efecto, que permite a su poseedor operar una estación de radio de aficionado para disfrute y servicio sin fines lucrativos.

**amateur band.** *banda de aficionados.* Banda de frecuencias asignadas única y exclusivamente a operadores aficionados.

**AM/FM.** *AM/FM.* Abreviatura que indica que un receptor de radio u otro equipo es apto para trabajar con señales tanto de AM como de FM.

**amplification.** *amplificación.* Proceso de aumentar la intensidad de corriente, tensión o potencial de una señal.

**amplifier.** *amplificador.* En la práctica, dícese del dispositivo que emplea válvulas electrónicas de vacío o semiconductores, destinado a aumentar el valor de las señales a él aplicadas.

**amplitude.** *amplitud.* En un sentido genérico, dícese de la magnitud de una onda o cantidad de variación periódica o alterna.

**amplitude fading.** *desvanecimiento en amplitud.* Desvanecimiento en que todas las frecuencias de la portadora sufren igual debilitamiento.

**amplitude-modulated wave.** *onda modulada en amplitud.* Onda sinusoidal cuya envolvente contiene una componente similar a la señal a transmitir.

**amplitude modulation (AM).** *modulación de amplitud.* Modulación en la que la amplitud de la corriente de frecuencia portadora es modificada por encima o por debajo de su valor nominal, de acuerdo con la señal de información a transmitir.

**angle of incidence.** *ángulo de incidencia.* Ángulo formado por la dirección de propagación de una onda o un haz que inciden sobre una superficie y la perpendicular a ésta en el punto de incidencia.

**angle of reflection.** *ángulo de reflexión.* Ángulo formado por la dirección de propagación de una onda o un haz que son reflejados en una superficie, y la perpendi-

cular a esta superficie en el punto de salida.

**angle of refraction.** *ángulo de refracción.* Ángulo formado por la dirección de propagación de una onda o un haz refractados y la perpendicular a la superficie refractante.

**anode.** *ánodo.* 1) Electrodo positivo a través del cual el flujo principal de electrones abandona el espacio interelectródico en una válvula electrónica; también denominada placa. 2) Electrodo positivo de una batería o acumulador.

**anode current.** *corriente de ánodo.* Corriente de electrones que fluyen del cátodo al ánodo de una válvula; también se denomina corriente de placa.

**anode keying.** *manipulación por placa.* Modulación producida por introducción de una señal moduladora en el circuito de placa de una válvula en la cual está presente la portadora.

**anode saturation.** *saturación de placa.* Condición en la que la corriente de placa de una válvula no puede experimentar incremento de valor mediante el aumento de la tensión de placa.

**antenna.** *antena.* Véase aerial.

**antenna coil.** *bobina de antena.* 1) En los receptores, bobina que forma parte del circuito de antena o que va conectada a éste. 2) En transmisores, bobina intercalada en el circuito de antena o conectada a éste. Puede formar parte de un circuito de acoplamiento inductivo que transfiere la energía de radiofrecuencia a la antena, o bien puede ir en serie con la antena para aumentar la inductancia en el circuito.

**antenna coupler.** *acoplador de antena.* Transformador de radiofrecuencia (RF), línea sintonizada o dispositivo que transfiere energía de forma eficaz desde un transmisor a una línea de transmisión o bien desde una línea de transmisión a un receptor.

**antenna current.** *corriente de antena.* Corriente de RF que fluye en una antena transmisora; generalmente se mide en ausencia de modulación.

**antenna feeder.** *alimentador de antena.* Sistema conductor que transfiere la energía de RF del transmisor a la antena sin ocasionar radiación o pérdida que sea de consideración.

**antenna field gain.** *eficacia de la antena.* Intensidad de campo expresada en mV/m que produce una antena transmisora en el plano horizontal a una milla (1,6 km) de distancia cuando la misma absorbe del emisor una potencia de un kilovatio, dividida dicha intensidad por 137,6 (valor correspondiente a un dipolo de media onda).

**antenna gain.** *ganancia de antena.* Cociente entre la intensidad de campo producida por la antena considerada a determinada distancia a lo largo del eje principal de radiación, y la intensidad de campo que produciría en el mismo punto un radiador isotrópico que absorbiera del emisor la misma potencia de RF.

**antenna power.** *potencia de antena.* 1) Potencia entregada a la antena por el transmisor que la excita. 2) Cuadrado de la corriente que circula por un punto dado, multiplicado por la resistencia de la antena en el mismo punto de esta última.

**antenna resistance.** *resistencia de antena.* Característica de una antena de transmisión que expresa la resistencia total del sistema de antena a la frecuencia de trabajo. La resistencia se expresa en ohmios y es igual a la potencia en vatios suministrada al circuito de antena dividida por el cuadrado de la corriente eficaz de la antena en amperios, medida en el punto de aplicación de la energía.

**antenna series capacitor.** *condensador serie de antena.* Condensador utilizado en serie con una antena para disminuir la longitud eléctrica de ésta.

**aperiodic antenna.** *antena aperiódica.* Dícese de la antena que esencialmente ofrece una impedancia constante en una amplia gama de frecuencias. Ejemplos: antenas rómbicas y antenas Beverage; denominada también antena no sintonizada.

**Armstrong oscillator.** *oscilador Armstrong.* Circuito oscilador de rejilla y placa sintonizada, creado por E.H. Armstrong. Un circuito resonante paralelo, constituye la carga anódica inductiva requerida al sintonizar ligeramente por encima de la frecuencia de resonancia del circuito tanque de rejilla o del cristal. La capacidad interelectródica de la válvula osciladora completa el camino de realimentación.

**artificial antenna.** *antena artificial.* Véase dummy antenna.

**artificial load.** *carga artificial.* Véase dummy load.

**assigned frequency.** *frecuencia asignada.* Centro de la banda de frecuencia asignada a una estación.

**atmospheric noise.** *ruido atmosférico.* Ruido percibido durante la escucha debido a actividades atmosféricas.

**attenuation.** *atenuación.* Disminución progresiva en el valor de una magnitud relacionada con una onda que se propaga en un medio homogéneo.

**attenuator.** *atenuador.* Disposición de elementos resistivos fijos y variables utilizada para reducir la intensidad de una señal de radiofrecuencia, a un nivel ajustable deseado, sin introducir ninguna distorsión apreciable.

**audio frequency (AF).** *audiofrecuencia (AF).* Frecuencias detectables por el oído humano; la gama de frecuencias abarca desde 15 hasta 20.000 Hz.

**audio-frequency amplifier.** *amplificador de audio.* Amplificador que posee una o más etapas, destinado a amplificar la señal de audiofrecuencia. En un receptor superheterodino está a continuación del segundo detector y sirve para amplificar la señal de AF después de la demodulación.

**automatic frequency control (AFC).** *control automático de frecuencia (CAF).* 1) Circuito que mantiene la frecuencia de un oscilador dentro de unos límites especificados. 2) Circuito que mantiene a un receptor superheterodino sintonizado de forma precisa a una frecuencia dada, por control de su oscilador local.

**automatic gain control (AGC).** *control automático de ganancia (CAG).* Circuito o dispositivo que ajusta la ganancia (amplificación) de un amplificador o de una etapa amplificadora de modo predeterminado, en función de la amplitud de las señales de entrada.

**automatic keyer.** *manipulador automático.* Dispositivo mecánico o electrónico, concebido para realizar la transmisión del código Morse en forma automática.

**automatic sensitivity control.** *control automático de sensibilidad.* Circuito que mantiene la sensibilidad de un receptor a un nivel predeterminado.

**automatic tuning system.** *sistema de sintonía automática.* Sistema eléctrico, mecánico o electromecánico concebido para realizar de forma automática la sintonía de un receptor o transmisor de radio a una frecuencia predeterminada, mediante la activación de una palanca o botón a dicho efecto.

**automatic volume control (AVC).** *control automático de volumen (CAV).* Control automático de ganancia que mantiene esencialmente constante el volumen de salida de un receptor de radio, a pesar de las variaciones en la intensidad de la señal de entrada, durante un desvanecimiento o una sintonización de estación a estación. El segundo detector suministra una tensión de CC proporcional a la intensidad de la señal de audio de salida y cambia la polarización de una o más etapas del amplificador de RF y FI precedente.

# b

**back lobe.** *lóbulo posterior.* Lóbulo de radiación cuya dirección es sensiblemente opuesta a la del lóbulo principal de la antena.

**background noise.** *ruido de fondo.* Ruido indeseado percibido que tiende a interferir la recepción normal de una señal.

**back-shunt keying.** *manipulación equilibrada.* Método de manipulación de un transmisor en el que la energía de RF es suministrada a la antena cuando el manipulador está cerrado y a una carga artificial cuando está abierto.

**balanced detector.** *detector equilibrado.* Tipo de detector utilizado en receptores de FM; en una de sus formas, la salida de audio es la diferencia rectificada entre las tensiones originadas a través de dos circuitos resonantes, uno de ellos sintonizado ligeramente por encima de la portadora y el otro, ligeramente por debajo.

**balanced line.** *línea equilibrada.* 1) Línea de transmisión bifilar por la que pueden hacerse circular corrientes en contrafase. 2) Línea constituida por dos conductores metálicos, en lugar de un conductor metálico y retorno por tierra o conductor común.

**balanced mixer.** *mezclador equilibrado.*

Circuito mezclador utilizado en receptores superheterodinos para reducir pérdidas y suprimir armónicos de orden par de una entrada, usualmente del oscilador local. El equilibrio se consigue mediante un montaje híbrido formado por un puente de diodos, un par de transistores o válvulas de vacío.

**balun.** *transformador simétrico-asimétrico.* Dispositivo empleado para adaptar una línea de transmisión coaxial asimétrica o un sistema no equilibrado, a una línea o sistema de dos conductores simétricos. Es un manguito cilíndrico de un cuarto de longitud de onda situado en el extremo del cable coaxial alimentador de antena y sirve para aislar de tierra al conductor exterior del cable.

**band.** *banda.* Gama de frecuencias entre dos límites definidos.

**band-elimination filter.** *filtro de eliminación de banda.* Filtro que atenúa corrientes alternas cuyas frecuencias están entre dos valores límite, denominadas frecuencias de corte o críticas, dando paso a todas las frecuencias ajenas a ese intervalo o banda.

**band-pass filter.** *filtro de paso de banda.* Filtro que transmite corrientes alternas cuyas frecuencias están entre los valores superior e inferior de corte, en tanto que atenúa sustancialmente todas las frecuencias exteriores a esta banda.

**band selector.** *selector de banda.* Conmutador destinado a la selección de banda en un equipo cualquiera. En receptores y transmisores, conmutador que tiene por finalidad realizar los cambios de conexión necesarios en los circuitos resonantes para pasar de una gama de sintonía a otra. También se denomina conmutador de banda.

**bandwidth (BW).** *ancho de banda.* Extensión del espectro o gama de las frecuencias comprendidas en cierta banda; diferencia entre las frecuencias limítrofes o extremas de la banda.

**base-loaded antenna.** *antena de carga en la base.* Antena con una inductancia en la base o próxima a ésta, destinada a cargar la antena de forma que la misma alcance la longitud eléctrica deseada. De esta forma puede reducirse la altura física de la antena.

**base modulation.** *modulación de base.* Modulación de amplitud producida por aplicación de tensión moduladora a la base de un transistor amplificador.

**base station.** *estación de base.* Estación terrestre de emplazamiento fijo que proporciona servicios de radiocomunicación con estaciones móviles y con otras estaciones de radio fijas.

**beam.** *haz.* Onda dirigida. Onda o señal de RF transmitida de una antena direccional a otra, con la mayor parte de la energía concentrada en un ángulo sólido pequeño.

**beam-power tube.** *tubo de haces.* Tubo en el que se emplean haces electrónicos dirigidos para aumentar sustancialmente su capacidad de potencia. La rejilla de control y la rejilla pantalla están esencialmente alineadas, y en general se utilizan electrodos deflectores especiales para concentrar los electrones en haces. Denominado también tetrodo de haces.

**beat frequency.** *frecuencia de batido.* Suma o diferencia entre dos frecuencias que se combinan en un circuito no lineal.

**beat-frequency oscillator (BFO).** *oscilador de batido.* Dícese del oscilador en el cual se produce una diferencia de frecuencia de audio deseada, por combinación de dos señales diferentes de RF. Se utiliza en receptores de comunicación para producir una señal audible en la sintonización de señales de onda continua.

**bias.** *polarización.* Tensión de corriente continua (CC) aplicada al electrodo de control de un transistor o válvula para establecer el punto deseado de funcionamiento.

**bias resistor.** *resistor de polarización.* Resistencia utilizada en el circuito de rejilla o de cátodo de una válvula electrónica para proporcionar una caída de tensión que sirve como tensión de polarización.

**bidirectional antenna.** *antena bidireccional.* Antena que radia o recibe la mayor parte de su energía en solo dos direcciones.

**binary phase-shift keying (BPSK).** *manipulación por desplazamiento de fase binario.* Dícese de la manipulación de datos binarios o de puntos y rayas del código Morse por un desvío de fase de ±90° de la portadora.

**blocked-grid keying.** *manipulación por bloqueo de rejilla.* Sistema de manipulación por el cual, al quedar el manipulador abierto —condición de reposo— una o más válvulas del emisor quedan polarizadas al corte, de modo que no llega energía a la antena, y en el cual, al cerrarse el manipulador —condición de trabajo— se suprime la polarización, las válvulas conducen y la antena se excita.

**blocking.** *bloqueo.* 1) Aplicación de una elevada polarización negativa a la rejilla de una válvula electrónica para bloquear su corriente anódica o de placa. 2) Sobrecarga de un receptor por una señal indeseada de tal forma que el control automático de ganancia reduce la respuesta a una señal deseada.

**BPSK.** Véase binary phase-shift keying.

**break-in keying.** *manipulación intercalada.* Método de funcionamiento de un sistema de comunicación radiotelegráfica en el que el receptor es capaz de recibir señales durante los intervalos de espacios de transmisión.

**broadband interference.** *interferencia de banda ancha.* Interferencia distribuida sobre un espectro de frecuencias más amplio que el margen de sintonía del receptor afectado.

**broadcast interference.** *interferencia de radiodifusión.* Interferencia con las emisoras de radiodifusión, producidas por emisores de aficionados situados en las proximidades del receptor interferido.

**broad tuning.** *sintonía amplia.* Pobre selectividad en un receptor de radio que origina la recepción de dos o más estaciones en una misma posición del dial de sintonía.

**buffer amplifier.** *amplificador separador.* Amplificador utilizado tras un oscilador u otra etapa crítica para aislarla de los efectos de las variaciones de la impedancia de carga en etapas subsiguientes. También se denomina separador o etapa separadora.

**bug.** *manipulador semiautomático.* Dispositivo mecánico o electrónico para transmisión del código Morse en el cual el desplazamiento de una palanca hacia un lado produce una serie de puntos correctamente separados y hacia otro, produce una sola raya.

**BW.** Véase bandwidth.

**bypass capacitor.** *condensador de desacoplo.* Condensador conectado para proporcionar un camino de baja impedancia para la corriente de AF o RF en torno a un elemento de un circuito.

# C

**cage antenna.** *antena de jaula.* Antena formada por un grupo de conductores dispuestos en forma de cilindro y conectados entre sí.

**call.** *llamada.* Transmisión de radio que identifica a la estación emisora y que designa a la estación hacia la cual la emisión está dirigida.

**call letters.** *indicativo de llamada.* Grupo de letras, y frecuentemente números, asignados a una estación para su identificación.

**capacitance.** *capacidad.* 1) Propiedad que permite el almacenamiento de electricidad entre dos conductores aislados entre sí, cuando existe una diferencia de potencial entre ellos. 2) Propiedad de los condensadores y en general, de los conductores aislados, de almacenar energía en forma de campos electrostáticos y de dar paso a las corrientes alternas sin que exista un circuito metálico completo. El mismo término se utiliza para referirse a la magnitud de la carga que adquiere el elemento capacitivo por unidad de tensión aplicada, magnitud cuya unidad fundamental de medida es el faradio y cuya unidad práctica es el microfaradio y sus submúltiplos.

**capacitor.** *condensador.* Dispositivo que consiste fundamentalmente en dos superficies conductoras separadas por un dieléctrico —aire, papel, mica, etc.— el cual almacena la energía eléctrica, bloquea el paso de corriente continua y permite el flujo de corriente alterna hasta un grado que depende de su capacidad y su frecuencia.

**capture ratio.** *relación de captura.* Medida de la capacidad de un receptor de FM para rechazar la señal más débil de dos estaciones que aparecen en la misma frecuencia. Cuanto mayor es la relación en decibelios (dB) de la señal deseada y no deseada, mejor es la característica del receptor.

**cardioid diagram.** *diagrama en cardioide.* Diagrama polar en forma de corazón, tal como el de radiación de una antena dipolo con reflector.

**carrier.** *portadora.* 1) Onda de radio generada por un transmisor cuando no existe señal de modulación, o cualquier otra onda, serie recurrente de impulsos, o corriente continua capaz de ser modulada. 2) Onda generada localmente en un receptor que, al combinarse con las bandas laterales de una transmisión de portadora suprimida en un detector adecuado, produce la onda moduladora.

**carrier frequency.** *frecuencia de portadora.* Frecuencia de la onda portadora, la cual en caso de una emisora, debe coincidir con la que le ha sido oficialmente asignada.

**carrier suppression.** *supresión de portadora.* En ciertas modalidades de transmisión radioeléctrica, se suprime o atenúa en gran medida la onda portadora y se transmiten solamente las bandas laterales o una sola de ellas.

**cathode.** *cátodo.* 1) Fuente primaria de electrones en una válvula. 2) Terminal de un diodo semiconductor que es negativo respecto al otro terminal cuando el diodo está polarizado en sentido directo.

**cathode bias.** *polarización de cátodo.* Polarización obtenida por inserción de una resistencia en el circuito común de retorno del cátodo, entre el cátodo y tierra.

**cathode keying.** *manipulación por cátodo.* Manipulación por la que se abre y cierra la línea de retorno de placa que va al cátodo o al centro del devanado que alimenta el filamento (en cátodos de caldeo directo).

**CB.** Abreviatura de citizens band.

**channel.** *canal.* Banda de frecuencias de radio asignadas con una finalidad específica.

**choke.** *choque.* Inductancia utilizada en un circuito para crear una elevada impedancia a frecuencias superiores a una banda determinada, sin atenuación apreciable de la componente de corriente continua. Denominada también bobina de choque.

**citizens band (CB).** *banda ciudadana.* Banda del servicio de comunicación personal y particular que incluye comunicación hablada y al que se le ha asignado la banda de frecuencias comprendida entre 26,965 y 27,405 MHz.

**class A amplifier.** *amplificador de clase A.* Amplificador en el que la polarización y las tensiones alternas de rejilla son tales, que en un determinado tubo fluye corriente anódica en todo momento.

**class AB amplifier.** *amplificador de clase AB.* Amplificador en el cual la polarización y las tensiones alternas de rejilla son tales que en un deteminado tubo fluye corriente anódica durante bastante más de medio ciclo pero sin llegar al ciclo completo.

**class B amplifier.** *amplificador de clase B.* Amplificador en el que la polarización de rejilla es aproximadamente igual al valor de corte, de forma que la corriente anódica es aproximadamente nula cuando no se aplica tensión excitadora de rejilla y circula, aproximadamente también, durante la mitad de cada ciclo cuando se aplica una tensión alterna a la rejilla.

**class C amplifier.** *amplificador de clase C.* Amplificador en el que la polarización de rejilla es notablemente superior al valor de corte, de forma que la corriente anódica en cada tubo es nula cuando no existe aplicación de tensión alterna de rejilla, y fluye durante menos de medio ciclo cuando aquélla existe.

**coaxial attenuator.** *atenuador coaxial.* Atenuador de construcción coaxial con terminaciones para utilización en cables coaxiales.

**coaxial cable.** *cable coaxial.* Línea de transmisión en la cual un conductor está centrado y aislado de un tubo metálico que sirve como segundo conductor.

**code practice oscillator.** *oscilador para prácticas de código.* Oscilador utilizado con un manipulador y un altavoz para practicar en la transmisión y recepción del código Morse.

**coil.** *bobina.* Cierto número de vueltas de cable que introducen inductancia magnética en un circuito eléctrico para producir flujo magnético o para reaccionar mecánicamente a variaciones de flujo magnético. El tamaño eléctrico de una bobina se denomina inductancia y se expresa en henrios.

**Colpitts oscillator.** *oscilador Colpitts.* Oscilador con válvula de vacío con un circuito resonante en paralelo conectado entre rejilla y placa. La capacidad del circuito resonante reside en dos condensadores en serie cuya conexión común está al potencial del cátodo.

**communications receiver.** *receptor de comunicaciones.* Receptor concebido para recibir mensajes vocales o en código transmitidos por sistemas de radiocomunicaciones.

**communications satellite.** *satélite de comunicaciones.* Satélite en órbita que retransmite señales de radio, televisión, etc., entre estaciones terminales en Tierra separadas a miles de kilómetros de distancia.

**conductivity.** *conductividad.* Capacidad de un material para permitir el paso de corriente eléctrica, medida por la intensidad por unidad de tensión aplicada. Es la inversa de la resistividad.

**conductor.** *conductor.* Dícese del cable, alambre, cuerpo o medio que resulta apto para transportar corriente eléctrica.

**connector.** *conector.* Pieza conductora que sirve para conectar por ajuste dos o más conductores.

**continuous carrier.** *portadora continua.* Portadora sobre la cual la información se transmite sin interrumpir la portadora.

**continuous wave (CW).** *onda continua.* Onda de radio que mantiene una amplitud y frecuencia constantes.

**control grid.** *rejilla de control.* Electrodo comúnmente emplazado entre el ánodo y el cátodo que controla la corriente de placa de una válvula electrónica.

**controlled-carrier modulation.** *modulación por portadora controlada.* Método de modulación en el cual el porcentaje de modulación se mantiene constante en todo momento por variación de la amplitud de la portadora, para equilibrar las variaciones producidas por la modulación de amplitud convencional de la onda portadora. También se denomina modulación por portadora flotante y modulación por portadora variable.

**conversion gain ratio.** *relación de la ganancia de conversión.* Razón de la señal de potencia de salida a la de entrada en un conversor de frecuencia o mezclador.

**converter.** *conversor.* Sección de un receptor de radio superheterodino que convierte la señal de RF de entrada deseada al valor de la frecuencia intermedia. Esta sección de conversión incluye el oscilador y el detector del primer mezclador. También se denomina transductor de conversión superheterodina y oscilador-mezclador-primer detector.

**converter tube.** *válvula conversora.* Válvula electrónica que combina las funciones del mezclador y del oscilador local de un conversor superheterodino.

**corner-reflector antenna.** *antena con reflector angular.* Antena consistente en dos superficies conductoras cortándose normalmente en un ángulo de 90º, con un dipolo u otra antena situada sobre el plano bisector. Las superficies están constituidas ordinariamente por malla metálica para reducir su resistencia al viento. La captación máxima tiene lugar a lo largo del plano bisector del ángulo del reflector. Utilizada como antena receptora de televisión UHF y radio; también se denomina antena angular.

**coupling.** *acoplamiento.* Relación mutua entre dos circuitos que permite transferir energía de uno al otro. El acoplamiento puede ser directo a través de un conductor, resistivo a través de una resistencia, inductivo a través de una bobina de inducción o transformador o bien capacitivo a través de un condensador.

**coupling capacitor.** *condensador de acoplo.* Condensador que bloquea el paso de corriente continua en tanto que permite la circulación de corriente alterna. Se utiliza ampliamente en el acoplamiento de dos circuitos o etapas y también se denomina condensador de bloqueo.

**crest factor.** *factor de cresta.* Razón del valor de cresta al valor eficaz de toda magnitud periódica, tal como una corriente alterna senoidal.

**crest value.** *valor de cresta.* Véase peak-to-peak.

**critical angle.** *ángulo crítico.* Ángulo mínimo formado con la vertical, al que una onda de radio emitida a una frecuencia determinada será todavía reflejada por la ionosfera. A ángulos menores, las ondas de radio penetran en la ionosfera y no retornan a la tierra.

**critical coupling.** *acoplamiento crítico.* Grado de acoplamiento que proporciona máxima transferencia de energía de señal, de un circuito resonante de RF a otro, cuando ambos están sintonizados a la

misma frecuencia. Denominado también acoplamiento óptico.

**critical frequency.** *frecuencia crítica.* Frecuencia límite por debajo de la cual una onda de radio que incide verticalmente, será reflejada por una capa ionosférica en un tiempo dado. Las frecuencias más elevadas atravesarán la capa. Denominada también frecuencia de penetración.

**crystal.** *cristal.* Material semiconductor piezoeléctrico natural o sintético cuyos átomos están dispuestos de forma tal que proporcionan algún grado de regularidad geométrica.

**crystal-controlled transmitter.** *transmisor controlado por cristal.* Dícese del transmisor cuya frecuencia portadora está directamente controlada por las características electromecánicas de una unidad de cristal de cuarzo.

**crystal filter.** *filtro de cristal.* Circuito sintonizado de muy elevada selectividad que utiliza uno o más cristales de cuarzo. Se utiliza con frecuencia en amplificadores de FI de los receptores de comunicaciones para mejorar su selectividad.

**crystal oscillator.** *oscilador de cristal.* Oscilador cuya frecuencia de trabajo está determinada o es regulada por un cristal piezoeléctrico, generalmente de cuarzo.

**CW.** Abreviatura de continuous wave.

# d

**dB.** Abreviatura de decibel.

**DC power supply.** *fuente de alimentación de corriente continua.* Fuente que proporciona una o más salidas de corriente continua, tal como un generador de CC, etc.

**DC receiver.** *receptor de CC.* Receptor concebido para trabajar directamente a partir de una señal de CC.

**decibel (dB).** *decibelio.* Unidad logarítmica empleada para expresar la razón o el valor relativo de dos magnitudes de igual naturaleza: dos potencias, dos tensiones, etc. El decibelio se utiliza también como unidad de potencia absoluta adoptando un valor fijo de referencia, llamado también valor base o nivel cero. En radio se utiliza como nivel de referencia 6 mW, considerándose esta potencia la necesaria para hacer apenas audible una nota de 60 Hz.

**demodulation.** *demodulación.* Operación inversa a la modulación y en la que se utilizan los productos de modulación para reconstituir la señal moduladora primitiva. Proceso por el cual se obtiene de una onda, otra onda cuyas características son sensiblemente las de la onda moduladora original. Proceso mediante el cual se extrae la información contenida en una onda portadora modulada. Es sinónimo de detección.

**demodulator.** *demodulador.* Etapa de un receptor que extrae la señal de modulación procedente de una señal portadora de RF.

**detection.** *detección.* Véase demodulation.

**detector.** *detector.* Etapa de un receptor en la cual tiene lugar la demodulación. En un receptor superheterodino, se denomina segundo detector aunque realmente es un demodulador. El denominado primer detector en un superheterodino es simplemente un convertidor de frecuencia que cambia la frecuencia de la portadora de entrada a la frecuencia intermedia del receptor.

**detune.** *desintonizar.* Acción de variar la inductancia o capacidad de un circuito sintonizado de forma tal que su frecuencia de resonancia es diferente de la frecuencia de la señal de entrada.

**deviation.** *desviación.* Diferencia existente entre el valor presente de una variable controlada y el valor deseado que corresponde a un punto elegido.

**dial.** *dial, cuadrante.* Superficie generalmente plana o cilíndrica que lleva la graduación y con relación a la cual se mueve una aguja indicadora.

**dielectric.** *dieléctrico.* Material que puede utilizarse como aislador dada su poca conductividad eléctrica; dieléctricos como mica, papel o plástico se utilizan entre las armaduras de un condensador para almacenar la energía eléctrica.

**diffracted wave.** *onda difractada.* Onda cuyo frente ha variado de dirección por efecto de un obstáculo u otra discontinuidad o falta de homogeneidad en el medio de propagación, quedando excluidos los efectos de reflexión o de refracción.

**diffraction.** *difracción.* Incurvamiento de la dirección de propagación de una onda al rozar los bordes de un cuerpo o de una abertura, con el resultado de que la onda se extiende en la zona de sombra del cuerpo.

**digital display.** *visualizador digital.* Unidad de presentación en la cual se indican las lecturas en forma de dígitos numéricos, alfanuméricos y símbolos especiales. Estas unidades se realizan con diodos electroluminiscentes (LED), cristales líquidos (LCD) o lámparas incandescentes.

**diode.** *diodo.* 1) Válvula electrónica de dos electrodos que reciben el nombre de ánodo o placa y cátodo. 2) Dispositivo de dos electrodos que utiliza las propiedades rectificadoras de una unión entre los materiales tipos P y N de un semiconductor, tal como el diodo de unión, o las propiedades rectificadoras de una punta aguda en contacto con un material semiconductor, tal como el diodo de puntas de contacto.

**diplex radio transmission.** *transmisión de radio díplex.* Transmisión simultánea de dos señales utilizando una portadora común.

**diplex reception.** *recepción en díplex.* Recepción simultánea de dos señales teniendo alguna característica en común, tal como una antena receptora única o una frecuencia portadora única.

**dipole.** *dipolo.* Antena de longitud aproximadamente igual a media longitud de onda, hendida en su centro eléctrico para conexión a una línea de transmisión. La impedancia de la antena es aproximadamente 72 ohmios. El diagrama de radiación presenta un máximo en la dirección normal al eje de la antena. Denominado también antena dipolo, doblete y dipolo de media onda.

**directional antenna.** *antena direccional.* Dícese de la antena que radia o recibe ondas de radio en forma más efectiva en ciertas direcciones que en otras.

**directivity.** *directividad.* Valor de la ganancia directiva de una antena en la dirección de su valor máximo; cuanto mayor es el valor de la directividad, más estrecho es el haz en el cual se concentra la energía radiada.

**director.** *director.* Elemento parásito situado una fracción de longitud de onda delante del dipolo de una antena receptora para incrementar la ganancia del sistema en la dirección del lóbulo mayor. Por lo general consiste en una varilla algo más corta que el dipolo receptor, sin conexión al conductor de entrada.

**direct wave.** *onda directa.* Onda de radio que se propaga directamente en el espacio desde el transmisor al receptor sin que sea refractada por la ionosfera.

**discrimination.** *discriminación.* Término que se aplica al grado de rechazo de señales indeseadas en un receptor o equipo dotado de circuitos sintonizados.

**discriminator.** *discriminador.* Circuito en el que la magnitud y polaridad de la tensión de salida depende de cómo difiere una señal de entrada de otra de tipo estándar u otra definida.

**display.** *visualizador.* Presentación visual de información de salida. Véase digital display.

**distortion.** *distorsión.* Cualquier cambio indeseado en la forma de onda de una señal.

**D layer.** *capa D.* Capa inferior de aire ionizado sobre la Tierra que se presenta en la región D sólo en el hemisferio diurno. Refleja frecuencias inferiores a 50 kHz aproximadamente y absorbe parcialmente ondas de frecuencia elevada.

**double-conversion receiver.** *receptor de doble conversión.* Véase double superheterodyne.

**double-doblet antenna.** *antena de doble doblete.* Término que se aplica a dos antenas dipolo de media onda cruzadas en su centro, de las cuales una es más corta que la otra para obtener mayor cobertura de frecuencia.

**double-sideband reduced-carrier transmission (DSBRC).** *transmisión en doble banda lateral con portadora reducida.* Transmisión en doble banda lateral en la cual la potencia en las bandas laterales portadoras de información se aumenta.

**double-sideband transmission.** *transmisión en doble banda lateral.* Dícese de la transmisión de una onda portadora modulada acompañada de las dos bandas laterales resultantes de la modulación. La banda lateral superior corresponde a la suma de las frecuencias portadora y de

modulación, mientras que la banda lateral inferior corresponde a su diferencia.

**double superheterodyne.** *superheterodino doble.* Receptor superheterodino en el que la frecuencia portadora de entrada se reduce al valor de la primera frecuencia intermedia, batiéndola con una frecuencia de oscilador en el primer mezclador y a continuación reduciéndola al valor final de la frecuencia intermedia, batiéndola con otra frecuencia de oscilador en un segundo mezclador. Se utiliza en receptores de UHF que también se denominan receptores de doble conversión.

**double-tuned circuit.** *circuito doblemente sintonizado.* Dícese del circuito que es resonante a dos frecuencias adyacentes, por lo que existen dos valores aproximadamente iguales de respuesta de pico con una depresión entre ellos.

**D-region.** *Región D.* Región de la ionosfera entre 40 y 90 km sobre la superficie de la Tierra, la cual es responsable de la mayor parte de las atenuaciones de las ondas de radio en la banda comprendida entre 1 y 100 MHz. Está por debajo de la región E.

**drive.** *excitación.* Véase excitation.

**driver.** *excitador.* Etapa amplificadora que precede a la etapa de salida en un receptor o transmisor. También se denomina etapa excitadora o de ataque.

**DSBRC transmission.** Abreviatura de double-sideband reduced-carrier transmission.

**dummy antenna.** *antena artificial.* Dispositivo que tiene la impedancia característica y la capacidad de manipulación de una antena, pero que no radia ni recibe ondas de radio. Se utiliza fundamentalmente para verificar transmisores.

**dummy load.** *carga artificial.* Dispositivo disipador, pero esencialmente no radiante, que tiene las características de impedancia de una antena, línea de transmisión u otra carga usual.

**DX.** *DX.* Abreviatura para denotar recepción a distancia, utilizada en conexión con la recepción de, o comunicación con, estaciones distantes.

# e

**earth-moon-earth (EME).** *tierra-luna-tierra.* Radiocomunicación a larga distancia utilizando la luna como reflector de las señales de radio. Los radioaficionados han logrado con éxito comunicaciones mediante este sistema utilizando frecuencias de 144,432 y 1296 MHz. También se denomina rebote lunar.

**effective antenna length.** *longitud de antena efectiva.* Término aplicado a la longitud eléctrica de una antena para distinguirla de su longitud física.

**effective area.** *área efectiva.* Coeficiente de antena direccional igual al cuadrado de la longitud de onda multiplicado por la ganancia de potencia (o ganancia directiva) de una antena en una dirección especificada, dividido po 4 $\pi$.

**effective height.** *altura eficaz.* Altura del centro de radiación de una antena transmisora, sobre el nivel efectivo de terreno.

**effective radiated power (ERP).** *potencia radiada eficaz.* Producto de la potencia de entrada de antena por la ganancia de potencia de la misma expresado en kilovatios.

**E layer.** *capa E.* Capa de aire ionizado que se presenta a diversas alturas en la región E de la ionosfera, capaz de curvar las ondas de radio devolviéndolas a tierra. La altura media es de aproximadamente 100 km. También se denomina capa de Kennedy-Heaviside.

**electrical length.** *longitud eléctrica.* Longitud de un conductor expresada en longitud de onda, grados o radianes. La distancia en longitudes de onda se multiplica por 2 $\pi$ para obtener radianes o bien por 360 para obtener grados.

**electric field.** *campo eléctrico.* Componente eléctrico de un campo electromagnético asociado a ondas de radio y a electrones en movimiento.

**electric storm.** *tormenta eléctrica.* Cambio repentino en la disposición de las corrientes de tierra que origina interferencias en la recepción de radio.

**electromagnetic.** *electromagnético.* Término relativo a la combinación de campos magnéticos y eléctricos asociados con la radiación o con movimiento de electrones o de otras partículas cargadas a través de conductores o del espacio.

**electromagnetic field.** *campo electromagnético.* Campo asociado a la radiación electromagnética, consistente en un campo eléctrico en movimiento y en un campo magnético también en movimiento, cuyos vectores actúan en ángulo recto uno respecto a otro y en ángulos rectos a su dirección de movimiento.

**electromagnetic interference (EMI).** *interferencia electromagnética.* Término aplicado a cualquier tipo de interferencia de origen electromagnético que interrumpe, obstruye o disminuye las prestaciones de equipos electrónicos. La interferencia puede ocasionarse intencionadamente (guerra electrónica) o inintencionadamente debido al efecto de emisiones espurias, productos de intermodulación o a otros efectos no deseados.

**electromagnetic radiation.** *radiación electromagnética.* Radiación asociada a un campo eléctrico variable periódicamente y a un campo magnético que se desplaza a la velocidad de la luz.

**electromagnetic spectrum.** *espectro de ondas electromagnéticas.* Término que engloba a toda la gama de longitudes de onda o frecuencias de radiación electromagnética que se extiende desde las ondas hertzianas más largas hasta los rayos cósmicos más cortos conocidos. También se denomina espectro.

**electromagnetic wave.** *onda electromagnética.* Onda de radiación electromagnética caracterizada por presentar variaciones de campo eléctrico y magnético.

**electron tube.** *válvula electrónica.* Dispositivo electrónico en el que la conducción de la electricidad se manifiesta por medio de electrones que se desplazan a través del vacío o de un medio gaseoso, en el interior de un envolvente hermético. Sus funciones consisten en rectificar, amplificar, modular, oscilar, limitar y otras varias.

**EME.** Abreviatura de earth-moon-earth.

**emergency power supply.** *fuente de alimentación de emergencia.* Fuente de alimentación de corriente alterna normalmente disponible de forma automática cuando se detecta un corte de suministro de la red. Esta fuente es normalmente un grupo electrógeno.

**EMI.** Abreviatura de electromagnetic interference.

**emission.** *emisión.* Aplícase a cualquier radiación de energía por medio de ondas electromagnéticas, tales como las de un transmisor de radio.

**emitter.** *emisor.* Región de un transistor desde la que los portadores de carga que son portadores minoritarios en la base, son inyectados en ésta. El emisor corresponde en cierto modo al cátodo de una válvula.

**envelope.** *envolvente.* Curva trazada reuniendo todos los picos de una gráfica, mostrando la forma ondulatoria de una señal portadora de RF modulada.

**excitation.** *excitación.* 1) Tensión que se aplica al electrodo de control de una válvula. 2) Aplicación de potencia de señal a una antena transmisora.

# f

**fading.** *desvanecimiento.* Variaciones en la intensidad de campo de una señal de radio, normalmente gradual, originado por variaciones en el medio de transmisión.

**farad.** *faradio.* Unidad de capacidad. Un condensador tiene una capacidad de 1 F cuando al aplicarle una tensión de 1 voltio por segundo define en él una intensidad de corriente de 1 amperio. El faradio es una unidad demasiado grande, por lo que se utilizan sus submúltiplos —picofaradio y microfaradio—.

**feed.** *alimentar.* Acción de suministrar una señal a la entrada de un circuito, línea de transmisión o antena.

**feedback.** *realimentación.* Retorno de una fracción de la salida de un circuito o dispositivo a su propia entrada. Con realimentación positiva, la señal de realimentación está en fase con la entrada y aumenta la amplificación, pero por contra puede producir oscilación. Con realimentación negativa, la señal de realimentación presenta una variación de fase de 180º con relación a la entrada y disminuye la amplificación, pero estabiliza el funcionamiento del circuito y tiende a reducir el ruido y la distorsión.

**field.** *campo.* Región que contiene líneas eléctricas o magnéticas de fuerza o ambas.

**field. intensity.** *intensidad de campo.* Véase field strength.

**field strength.** *intensidad de campo.* Dícese de la intensidad de un campo eléctrico, magnético o electromagnético

en un punto. En cuanto a la radiación electromagnética, su valor se expresa generalmente en voltios, milivoltios o microvoltios por metro de altura eficaz de antena.

**filament.** *filamento.* Cátodo construido con hilo o cinta de resistencia, a través del cual circula una corriente eléctrica destinada a proporcionar la elevada temperatura requerida para la emisión de electrones en una válvula termoiónica. Denominado también cátodo de caldeo directo o cátodo de filamento. Un filamento emite directamente electrones, en tanto que un calefactor proporciona únicamente calor a un cátodo aislado.

**flat fading.** *desvanecimiento plano.* Desvanecimiento en el que todas las componentes de una señal de radio recibida fluctúan simultáneamente de la misma forma.

**F layer.** *capa F.* Una de las capas de aire ionizado que se presenta a varias alturas en la región F de la atmósfera, capaces de provocar la reflexión hacia la Tierra, de ondas de radio a frecuencias de hasta 50 MHz aproximadamente. Denominada también capa Apleton. En el hemisferio diurno existen normalmente dos capas F, designadas $F_1$ y $F_2$.

**$F_1$ layer.** *capa $F_1$.* Parte inferior de las dos capas ionizadas existentes en la región F en el hemisferio diurno. Generalmente se encuentra entre 145 y 241 km sobre la Tierra y afecta principalmente a las frecuencias de 15 y 25 MHz aproximadamente.

**$F_2$ layer.** *capa $F_2$.* La única capa ionizada existente normalmente en la región F en el hemisferio nocturno. En el hemisferio diurno es la más alta de las capas F.

**FM.** *FM.* Abreviatura de frecuencia modulada y de modulación de frecuencia.

**FM/AM.** *FM/AM.* Modulación de amplitud de una portadora por subportadoras que están moduladas en frecuencia por información.

**folded-dipole antenna.** *antena dipolo doblado.* Antena dipolo cuyos extremos exteriores se doblan en sentido opuesto para unirse luego en el centro. Su impedancia es aproximadamente de 300 ohmios, en comparación con los 70 ohmios de un dipolo conductor único. Esta antena es ampliamente utilizada en los receptores de TV y de FM.

**Foucault current.** *corriente de Foucault.* Corriente inducida en el interior de conductores debido a variaciones de flujo.

**F region.** *región F.* Región de la ionosfera por encima de 145 km de la superficie de la Tierra, la cual incluye las capas $F_1$ y $F_2$ en el hemisferio diurno y una capa F en la noche; todas ellas capaces de reflectar las ondas de radio a Tierra a frecuencias de hasta 50 MHz aproximadamente.

**frequency.** *frecuencia.* Número de ciclos completos por unidad de tiempo para una magnitud periódica tal como corriente alterna, ondas acústicas u ondas de radio. La frecuencia de un ciclo por segundo es un hercio y para designar otras frecuencias se emplean los múltiplos y submúltiplos. La frecuencia expresada en megahercios es igual a 300 dividido por la longitud de onda en metros.

**frequency band.** *banda de frecuencia.* Gama de frecuencias que se extienden entre dos frecuencias límite.

**frequency conversion.** *conversión de frecuencia.* Proceso consistente en convertir la frecuencia portadora de una señal recibida de su valor original al valor de la frecuencia intermedia de un receptor superheterodino.

**frequency deviation.** *desviación de frecuencia.* Diferencia de pico entre la frecuencia instantánea de una onda modulada en frecuencia y la frecuencia portadora. También se denomina desvío. Sinónimo de frequency shift (desplazamiento de frecuencia).

**frequency discriminator.** *discriminador de frecuencia.* Dícese del circuito discriminador que entrega una tensión de salida que es proporcional al desvío de una señal de un valor de frecuencia predeterminado. Se utiliza en receptores de FM y en circuitos de control automático de frecuencia.

**frequency modulation (FM).** *modulación de frecuencia.* Proceso de modulación en el cual la frecuencia instantánea de la onda modulada difiere de la portadora en una cantidad proporcional al valor instantáneo de la onda moduladora. La amplitud de la onda modulada es constante.

**frequency range.** *gama de frecuencia.* Escala de frecuencias sobre la cual un sistema de transmisión o dispositivo puede considerarse útil cuando se emplea con diferentes circuitos bajo diversas variedades de condiciones operativas. Por contraste, ancho de banda es una medida de gama de frecuencia útil con circuitos fijos y condiciones de trabajo fijas.

**frequency selectivity.** *selectividad de frecuencia.* Capacidad de un circuito eléctrico, aparato o dispositivo para diferenciar entre una señal deseada y las señales a otras frecuencias.

**frequency shift.** *desplazamiento de frecuencia.* Dícese de la variación en la frecuencia de un oscilador o de un transmisor.

**frequency stability.** *estabilidad de frecuencia.* Término que expresa la capacidad de un oscilador para mantener una frecuencia deseada. Se expresa normalmente como porcentaje de desviación del valor de la frecuencia asignada.

**frequency tolerance.** *tolerancia de frecuencia.* Tolerancia de la frecuencia portadora de un transmisor con respecto a su frecuencia asignada.

**full load.** *plena carga, carga máxima.* Carga máxima que un circuito o equipo puede soportar en condiciones específicas. Cualquier carga adicional es una sobrecarga.

**full-wave rectification.** *rectificación de onda completa.* Rectificación en la cual la corriente de salida fluye en la misma dirección durante los dos semiciclos de una tensión de entrada alterna.

**full-wave rectifier.** *rectificador de onda completa.* Rectificador de doble elemento que proporciona rectificación de onda completa. Un elemento funciona durante los semiciclos positivos y el otro durante los negativos.

**fundamental frequency.** *frecuencia fundamental.* Dícese de la componente de frecuencia más baja de una vibración compleja, sonido o señal eléctrica. Utilizada como base para el análisis armónico de una onda, la frecuencia fundamental es el valor inverso del período de una onda. Denominada también primer armónico, fundamental y componente fundamental. La frecuencia doble de la fundamental recibe el nombre de segundo armónico.

**fuse.** *fusible.* Dispositivo protector que contiene un pequeño trozo de alambre especial que funde cuando la intensidad que circula por él durante un período determinado de tiempo excede de un valor establecido. El fusible se conecta en serie con el elemento a proteger.

# g

**gain.** *ganancia.* Incremento en la potencia de señal que es producido por un amplificador; se expresa generalmente en dB.

**gain control.** *control de ganancia.* Dispositivo concebido para realizar el ajuste de ganancia de un sistema o componente.

**gang capacitor.** *condensador tándem.* Combinación de dos o más condensadores variables montados sobre un eje común que permite el ajuste mediante un solo control.

**getter.** *adsorbente.* Metal especial que se introduce en una válvula de vacío durante su fabricación y que se vaporiza para eliminar gases residuales.

**giga.** Prefijo que representa $10^9$. (mil millones).

**gigacycle.** *Gigaciclo.* Término desechado, en la actualidad gigahercio.

**GMT.** *GMT.* Abreviatura de Greenwich mean time.

**Greenwich mean time.** *hora media de Greenwich.* Hora del meridiano de Greenwich.

**grid.** *rejilla.* Electrodo emplazado entre el cátodo y el ánodo de una válvula electrónica que tiene una o más aberturas a través de las cuales pasan los electrones bajo determinadas condiciones. Una rejilla controla el flujo de electrones entre el cátodo y el ánodo.

**grid modulation.** *modulación por rejilla.* Modulación producida mediante la introducción de la señal moduladora en el circuito de control de rejilla de una válvula en la cual está presente la portadora.

**grid voltage.** *tensión de rejilla.* Tensión entre rejilla y cátodo de una válvula.

**ground-plane antenna.** *antena con plano a tierra, antena con tierra artificial.* Antena vertical combinada con otras cruzadas o bien con otros elementos horizontales para reducir el ángulo de radiación. Un soporte concéntrico y un conductor

central sirven conjuntamente para poner la antena a potencial de tierra, incluso cuando deba ser instalada varias longitudes de onda sobre tierra. La radiación horizontal no es direccional.

**ground-reflected wave.** *onda reflejada de tierra.* Onda de radio que es reflejada desde algún punto de tierra a lo largo de su trayectoria de transmisión.

**ground-wave.** *onda de tierra.* Onda de radio que se propaga sobre la tierra y que es ordinariamente afectada por la propia presencia de la tierra y la troposfera. La onda de tierra está integrada por todas las componentes de una onda de radio sobre la tierra, con excepción de las ondas ionosféricas y troposféricas. La onda de tierra es refractada debido a variaciones en la constante dieléctrica de la troposfera, incluyendo la condición conocida como conducto superficial. Denominada también onda de superficie.

**guard band.** *banda de guarda.* Banda de frecuencia estrecha provista entre canales adyacentes en ciertas porciones del espectro de radio para prevenir las interferencias entre estaciones.

# h

**half-rhombic antenna.** *antena semirrómbica.* Sistema de antena de hilo largo en el que las longitudes de los lados son múltiplos varios de la longitud de onda a la frecuencia mínima operante. Los lados radiantes forman la mitad de una antena rómbica con las líneas conectadas a los extremos opuestos. Cuando termina en una resistencia, el diagrama de radiación es unidireccional; cuando no, es bidireccional.

**half-wave.** *semionda.* 1) Que tiene una longitud eléctrica de una semilongitud de onda. 2) Relativo a la mitad de un ciclo de una onda.

**half-wave antenna.** *antena de semionda.* Antena cuya longitud eléctrica es la mitad de la longitud de onda que se transmite o recibe.

**half-wave dipole.** *dipolo de media onda.* Véase dipole.

**half-wave rectifier.** *rectificador de media onda.* Rectificador que proporciona rectificación de media onda.

**harmonic.** *armónico.* Componente sinusoidal de una onda periódica, que tiene una frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. La frecuencia del segundo armónico es el doble de la frecuencia fundamental o primer armónico. También se denomina componente armónico y frecuencia armónica.

**Hartley oscillator.** *oscilador Hartley.* Oscilador realizado con válvulas de vacío en el cual el circuito tanque sintonizado en paralelo está conectado entre rejilla y placa. La bobina del tanque tiene una toma intermedia que está al potencial del cátodo, de forma que la porción rejilla-cátodo de la bobina suministra la tensión necesaria de realimentación.

**heatsink.** *disipador.* Dispositivo metálico que se monta sobre un componente, tal como transistores de potencia, para disipar el calor.

**hecto.** *hecto.* Prefijo que representa $10^2$.

**henry.** *henrio.* Unidad de inductancia o de inductancia mutua. La inductancia de un circuito es un henrio cuando una variación de corriente de 1 A/s induce un voltio.

**hertz (Hz).** *hercio.* Unidad de frecuencia igual a un ciclo por segundo.

**Hertz antenna.** *antena Hertz.* Antena de media onda sin conexión a tierra.

**heterodyne.** *heterodinar.* Acción de mezclar dos señales de CA de diferentes frecuencias en un dispositivo no lineal para producir dos nuevas frecuencias, correspondientes respectivamente a la suma y diferencia entre las dos frecuencias originales.

**heterodyne reception.** *recepción heterodina.* Recepción de radio en la cual la señal de RF de entrada se combina con una señal de RF generada localmente de distinta frecuencia, seguida por la detección.

**HF.** *HF.* Abreviatura de high-frequency.

**high-frequency.** *alta frecuencia.* Designación para la banda de frecuencias comprendida entre 3 y 30 MHz, correspondiente a longitudes de onda entre 10 y 100 metros.

**high-pass filter.** *filtro de paso alto.* Filtro que transmite todas las frecuencias por encima de una frecuencia de corte dada y substancialmente atenúa a todas las restantes.

**horizontal polarization.** *polarización horizontal.* Transmisión de ondas de radio de forma tal que las líneas eléctricas de fuerza son horizontales y las líneas magnéticas de fuerza verticales. Con esta polarización, las antenas dipolo receptoras y transmisoras se emplazan en un plano horizontal.

**hum.** *zumbido.* Interferencia eléctrica en la fuente de alimentación.

**Hz.** *Hz.* Véase hertz.

# i

**IF.** *FI.* Abreviatura de intermediate frequency.

**IF amplifier.** *amplificador de frecuencia intermedia.* Sección de un receptor superheterodino que amplifica las señales una vez convertidas al valor fijo de FI por el convertidor de frecuencia. Está emplazado entre el convertidor de frecuencia y el segundo detector.

**IF signal.** *señal de FI.* Señal de onda continua o modulada cuya frecuencia es el valor de FI de un receptor superheterodino y es producida por conversión de frecuencia antes de la demodulación.

**IF stage.** *etapa de FI.* Una de las etapas en el amplificador de FI en un receptor superheterodino.

**IF transformer.** *transformador de FI.* Transformador utilizado a la entrada o salida de una etapa amplificadora de FI en un receptor superheterodino para acoplamiento y para proporcionar selectividad.

**image frequency.** *frecuencia imagen.* Frecuencia portadora indeseada que difiere de la frecuencia a la que está sintonizado un receptor superheterodino en el duplo de la frecuencia intermedia. Por tanto, si la frecuencia del oscilador es más elevada que la de la portadora útil recibida, la frecuencia imagen será inferior a la frecuencia del oscilador en la misma cantidad.

**impedance.** *impedancia.* Oposición total ofrecida por un componente o circuito al paso de corriente alterna. La impedancia se expresa en ohmios.

**impedance match.** *adaptación de impedancia.* Dícese de la condición en la cual la impedancia de una carga conectada es igual a la impedancia interna de la fuente. Con ello se obtiene la máxima transferencia de energía de la fuente a la carga, reflexión mínima y mínima distorsión.

**incidence angle.** *ángulo de incidencia.* Angulo entre el haz incidente y la perpendicular (normal) a la superficie de propagación.

**incident wave.** *onda incidente.* 1) Onda que incide en una discontinuidad o en un medio poseyendo diferentes características de propagación. 2) Onda de corriente o tensión que progresa a través de una línea de transmisión en sentido del origen a la carga.

**indirectly heated cathode.** *cátodo de caldeo indirecto.* Cátodo al que se le suministra calor por un elemento calefactor independiente en un tubo o válvula termoiónica.

**inductance.** *inductancia.* Propiedad de un circuito o elemento que se opone a la variación de la corriente. La inductancia determina, por tanto, variaciones de corriente retrasada respecto a las variaciones de tensión. La inductancia se mide en henrios.

**induction field.** *campo de inducción.* 1) Región del campo electromagnético de una antena transmisora que actúa como si estuviese permanentemente asociada a ella. El campo de radiación abandona la antena de transmisión y se propaga a través del espacio como ondas de radio. 2) Campo electromagnético de una bobina portadora de corriente alterna, creadora de la tensión inducida en ella misma, o bien en otra bobina próxima.

**inductive circuit.** *circuito inductivo.* Circuito que contiene un valor de reactancia inductiva más elevado que de reactancia capacitiva.

**infradyne receiver.** *receptor infradino.* Receptor superheterodino en el que la frecuencia intermedia es mayor que la frecuencia de señal con el fin de proporcionar elevada selectividad.

**infralow frequency (IL).** *frecuencia infrabaja.* Frecuencia del espectro de radio comprendida entre 300 y 3000 Hz, correspondiente a una longitud de onda situada entre 100 y 1000 km.

**injection grid.** *rejilla de inyección.* Rejilla de válvula electrónica utilizada para intro-

ducir la señal del oscilador local en la etapa mezcladora de algunos receptores superheterodinos.

**input.** *entrada.* Potencia o señal introducida en un dispositivo electrónico o terminales en los cuales se aplica la potencia o señal.

**insulator.** *aislador.* Material dotado de muy alta resistencia eléctrica y que por tanto es apto para separar conductores adyacentes en un circuito eléctrico o para prevenir contactos futuros entre conductores.

**integrated circuit (IC).** *circuito integrado (CI).* Sistema interconectado de elementos activos y pasivos integrado en un sustrato semiconductor único, apto para efectuar al menos una función de circuito electrónico completo. Normalmente sólo son accesibles la entrada, la salida y los terminales de alimentación. Denominado también circuito monolítico y circuito integrado monolítico. Cuando los transistores u otros componentes discretos están montados y conectados separadamente constituyen un circuito integrado híbrido.

**interference.** *interferencia.* Término aplicado a cualquier tipo de energía indeseada que tienda a interferir la recepción de las señales deseadas. Las interferencias producidas artificialmente son debidas a funcionamiento incorrecto de dispositivos eléctricos, con la consiguiente generación de señales interferentes que pueden ser radiadas en el espacio como ondas electromagnéticas o transmitidas por las líneas de distribución o transporte de energía eléctrica. Las interferencias radiadas pueden también ser debidas a fenómenos atmosféricos tales como relámpagos.

**interlaced stacked rhombic array.** *red de antenas rómbicas superpuestas.* Combinación de antenas rómbicas, para comunicación por radio a largas distancias para altas y muy altas frecuencias.

**intermediate frequency (IF).** *frecuencia intermedia.* Frecuencia producida por combinaciión de la señal recibida con la del oscilador local en un receptor superheterodino.

**intermittent reception.** *recepción intermitente.* Defecto de un receptor de radio consistente en que el receptor funciona normalmente durante un tiempo y luego irregularmente durante otro período, con repetición de este proceso a intervalos regulares o irregulares.

**intermodulation.** *intermodulación.* Modulación de las componentes de una onda compleja por otra que produce nuevas ondas cuyas frecuencias son iguales a las sumas y diferencias de múltiplos enteros de las frecuencias componentes de la onda compleja original.

**intermodulation interference.** *interferencia de intermodulación.* Interferencia que tiene lugar cuando las señales procedentes de dos estaciones no deseadas difieren exactamente en el valor de la FI de un receptor superheterodino y ambas señales son capaces de pasar a través del preselector a causa de baja selectividad. Las señales no deseadas se combinan en la etapa mezcladora para proporcionar una señal de FI no deseada que interactúa con la señal de FI deseada.

**internal connection.** *conexión interna.* Conexión de una válvula sacada a una patilla de la base que sirve únicamente como guía en los procesos de fabricación.

**international Morse code.** *código Morse internacional.* Código utilizado universalmente para radiotelegrafía.

**International Radio Consultative Committe (CCIR).** *Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones.* Organización internacional que se ocupa del establecimiento de normas para las emisiones de radiodifusión y televisión en todo el mundo.

**International Telecommunications Union (ITU).** *Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).* Organización civil internacional cuyo cometido es el de proporcionar normas relativas a los procedimientos de comunicaciones, incluyendo asignaciones de frecuencias y normas de radio a escala mundial.

**interrupted continuous wave (ICW).** *Onda continua interrumpida.* Onda continua que es interrumpida a un régimen de audiofrecuencia constante, lo suficientemente alto como para producir varias interrupciones por cada punto del código de manipulación. La técnica permite la recepción de señales codificadas por receptores sin osciladores de batido, si bien radia más frecuencias laterales que otros métodos.

**interrupter.** *interruptor.* Dispositivo eléctrico, electrónico o mecánico que periódicamente interrumpe el flujo de una corriente continua para producir impulsos.

**inverted-L antenna.** *antena en L invertida.* Antena consistente en un cable largo horizontal con el conductor de entrada en un extremo. También se denomina antena en L.

**ionosphere.** *ionosfera.* Región exterior de la atmósfera de la Tierra donde existen iones y electrones en cantidades suficientes para afectar la propagación de las ondas de radio. Empieza aproximadamente a 48 km sobre la Tierra extendiéndose hasta 400 km, dependiendo la altura, de la estación del año y de la hora del día. Las regiones principales de la ionosfera y sus alturas son: región D de 48 a 96 km, región E de 96 a 145 km y región F de 145 a 400 km.

**ionospheric disturbance.** *perturbación ionosférica.* Perturbación que desplaza las alturas de las capas de la ionosfera más allá de los límites normales correspondientes a un lugar, fecha y hora del día. Como ejemplos se tienen las tormentas ionosféricas y los desvanecimientos de radio.

**ionospheric scatter.** *dispersión ionosférica.* Forma de propagación dispersa según la cual las ondas de radio se esparcen por la capa E inferior de la ionosfera permitiendo comunicaciones a distancias de 960 a 2.240 km cuando se utiliza el margen de frecuencias comprendido entre 25 y 100 MHz.

**ionospheric storm.** *tormenta ionosférica.* Turbulencia en la región F de la ionosfera, usualmente debida a una repentina radiación brusca del Sol. Va acompañada del decrecimiento de densidad de ionización y aumento de la altura virtual de la región. Las frecuencias más elevadas en la banda de 3 a 30 MHz son las más afectadas por los silencios de radio. También se denomina tormenta auroral.

**ITU.** *UIT.* Abreviatura de International Telecommunications Union.

# J

**J antenna.** *antena en J.* Antena de media onda que es alimentada por un extremo constituyendo una sección de un cuarto de onda de conductores paralelos, de tal forma que los elementos radiantes se asemejan a la letra J.

# K

**key.** *manipulador.* Conmutador manual utilizado para transmisión del código Morse. También se denomina manipulador de señales.

**key click.** *chasquido de manipulación.* Señal transitoria que a veces se produce cuando se abre o cierra un manipulador radiotelegráfico, y que se manifiesta en forma de chasquido en un altavoz o auricular.

**key-click filter.** *filtro de chasquidos de manipulación.* Filtro que atenúa las sobrecorrientes durante la apertura o cierre de un manipulador radiotelegráfico.

**kHz.** *kHz.* Abreviatura de kilohercio.

**kW.** *kW.* Abreviatura de kilovatio.

# L

**L antenna.** *antena en L.* Véase inverted-L antenna.

**leakage current.** *corriente de fugas.* 1) Flujo indeseable de corriente a través o sobre la superficie de un elemento aislante o aislador. 2) Flujo de corriente continua a través del dieléctrico de un condensador. 3) Corriente alterna que pasa a través de un rectificador sin ser rectificada.

**LED.** *LED.* Abreviatura de light-emitting diode.

**light-emitting diode (LED).** *diodo emisor de luz.* Diodo semiconductor que puede servir como fuente de luz cuando se le aplica tensión.

**limiter.** *limitador.* Circuito encaminado a limitar la amplitud de su señal de salida a un nivel de umbral predeterminado, que puede actuar sobre excursiones tanto positivas como negativas o en ambas. Se utiliza después del amplificador de FI en ciertos receptores de FM para extraer

todas las variaciones de amplitud de la señal modulada en frecuencia.

**link.** *enlace.* Sistema transmisor-receptor de radio que enlaza dos lugares.

**load.** *carga.* 1) Dispositivo que recibe la salida de señal útil de un amplificador, oscilador u otra fuente de señal. 2) Dispositivo que consume energía eléctrica. 3) Cantidad de energía eléctrica, que se extrae de una fuente de alimentación, generador, etc.

**loaded antenna.** *antena cargada.* Antena que posee una inductancia adicional en serie para incrementar su longitud eléctrica.

**loading.** *carga.* Acción de añadir inductancia a una línea de transmisión para mejorar sus características de transmisión a lo largo de una banda de frecuencia dada.

**lobe.** *lóbulo.* Una de las porciones tridimensionales del diagrama de radiación de una antena direccional. La dirección de la radiación máxima coincide con el eje del lóbulo principal o mayor. Los demás lóbulos del diagrama se denominan lóbulos secundarios o menores.

**local oscillator (LO).** *oscilador local.* Es el oscilador de un receptor superheterodino; su salida se mezcla con la señal portadora de RF modulada de entrada en el mezclador para proporcionar la conversión de frecuencia necesaria para producir la señal de FI.

**log.** *registro.* Registro escrito, relativo a los datos operativos de una estación de radio.

**long wave.** *onda larga.* Onda electromagnética que tiene una longitud de onda mayor de 545 metros, correspondiente a frecuencias inferiores a 550 kHz.

**long-wire antenna.** *antena de hilo largo.* Antena cuya longitud es cierto número de veces mayor que su longitud de onda de trabajo para proporcionar un diagrama de radiación direccional.

**low-pass filter.** *filtro de paso bajo.* Filtro que transmite corrientes alternas por debajo de una frecuencia de corte dada y atenúa notablemente las otras corrientes.

**Luxembourg effect.** *efecto Luxemburgo.* Modulación cruzada entre dos señales de radio durante su paso a través de la ionosfera, causada por la alinealidad de las características de propagación de cargas libres en el espacio. Debido a este efecto, el programa de estaciones de gran potencia se oye a veces cuando el receptor está sintonizado a una estación de menor potencia en diferente frecuencia.

# m

**magnetic field.** *campo magnético.* Cualquier espacio o región en la que se ejerce una fuerza magnética sobre cargas eléctricas móviles. El campo magnético puede producirse por una bobina o conductor portador de corriente, por un imán permanente o por influencia terrestre.

**magnetic flux.** *flujo magnético.* Líneas magnéticas de fuerza producidas por un imán.

**magnetic line of force.** *línea de fuerza magnética.* Línea imaginaria en la cual cada segmento de ella representa la dirección del flujo magnético en ese punto.

**magnetic storm.** *tormenta magnética.* Tormenta que origina cambios rápidos y erróneos en la intensidad de los campos magnéticos de la Tierra que afecta a las comunicaciones por radio. Se cree que es debido a la actividad de las manchas solares.

**major lobe.** *lóbulo principal.* Lóbulo de radiación que contiene la dirección de la máxima radiación.

**manual tuning.** *sintonía manual.* Sintonía en la cual se gira manualmente un mando para sintonizar un receptor de radio a una frecuencia dada.

**master oscillator.** *oscilador maestro.* Oscilador que establece la frecuencia portadora de la salida de un amplificador o transmisor.

**matched load.** *carga adaptada.* Dícese de la carga dotada de un valor de impedancia que origina la máxima absorción de energía procedente de la fuente de señal.

**matching.** *adaptación.* Acción de conectar dos circuitos de forma que sus impedancias sean iguales o bien sean igualadas por un dispositivo acoplador para obtener una transferencia de energía máxima.

**matching device.** *dispositivo adaptador.* Dispositivo que adapta impedancias desiguales, tales como el transformador de salida de un receptor de radio.

**matching stub.** *brazo de reactancia de adaptación.* Línea de transmisión bifilar conectada a la antena o terminal de un receptor de una línea de transmisión para añadir reactancia inductiva o capacitiva con fines de adaptación.

**maximum usable frequency (MUF).** *frecuencia máxima utilizable.* Límite superior de las frecuencias que pueden utilizarse a una hora específica para una transmisión punto a punto que implica la propagación por reflexión de las capas ionizadas de la ionosfera.

**medium frequency (MF).** *frecuencia media.* Designación para la banda de frecuencias comprendidas entre 300 y 3000 kHz que corresponde a ondas hectométricas de longitud comprendida entre 100 y 1000 metros.

**mega.** *mega.* Prefijo que denota $10^6$.

**megahertz (MHz).** *megahercio.* Un millón de hercios. Antiguamente denominado megaciclo.

**metric wave.** *onda métrica.* Onda de radio cuya longitud de onda abarca desde 1 a 10 metros, correspondiente a la banda de muy alta frecuencia (VHF) en la gama comprendida entre 30 y 300 MHz.

**micro ($\mu$).** *micro.* Prefijo que denota $10^{-6}$ o una millonésima.

**microphone.** *micrófono.* Transductor electroacústico que responde a ondas acústicas y entrega esencialmente ondas eléctricas equivalentes.

**microwave.** *microonda.* Relativa a longitudes de onda del espectro de microondas que abarca desde aproximadamente 30 a 0,3 cm y corresponde a frecuencias comprendidas entre 1 y 100 GHz.

**milli (m).** *mili.* Prefijo que denota $10^{-3}$ o una milésima.

**millimeter wave.** *onda milimétrica.* Onda de radio cuyos límites de longitud de onda son 1 y 10 mm, correspondiente a la gama de frecuencias extremadamente altas (EHF) comprendida entre 30 y 300 GHz.

**minor lobe.** *lóbulo menor.* Aplícase a cualquier lóbulo, excepto el mayor, de un diagrama de radiación; también se denomina lóbulo secundario y lóbulo lateral.

**mixer.** *mezclador.* Etapa en un receptor superheterodino en la que se combina la señal modulada de RF de entrada con la señal de un oscilador de RF para producir una señal modulada de FI. Denominado también primer detector y mezclador-primer detector. El mezclador y el oscilador juntos constituyen el conversor.

**mixer tube.** *válvula mezcladora.* Válvula electrónica que realiza únicamente la función de conversión de frecuencia de un conversor en un receptor superheterodino. Se alimenta con la tensión de un oscilador local separado.

**mobile station.** *estación móvil.* Estación de radio para trabajar en movimiento o durante paradas en puntos no especificados.

**modulate.** *modular.* Acción de variar la amplitud, frecuencia o fase de una onda en un tubo electrónico o circuito concebido para realizar esta función.

**modulated continuous wave (MCW).** *onda continua modulada.* Forma de emisión en la cual la portadora es modulada por un tono constante de audiofrecuencia.

**modulated wave.** *onda modulada.* Onda portadora cuya amplitud, frecuencia o fase varía según el valor de la señal de información que se está transmitiendo.

**modulation envelope.** *envolvente de modulación.* Curva trazada a través de los picos de una gráfica que muestra la forma de onda de una señal modulada. La envolvente de modulación representa la forma de onda de la información que transporta la señal.

**modulation frequency.** *frecuencia de modulación.* Razón de variación de una señal modulada en frecuencia sobre la frecuencia portadora.

**modulator.** *modulador.* Circuito transmisor o dispositivo que varía la amplitud, frecuencia, fase u otra característica de una señal portadora de acuerdo con la forma de onda de una señal moduladora que contiene información útil.

**Morse code.** *código Morse.* Código formado por puntos y rayas utilizado para la transmisión de mensajes.

**MUF.** Abreviatura de maximum usable frequency.

**multiband antenna.** *antena multibanda.* Dícese de la antena que trabaja satisfactoriamente en más de una banda de frecuencias.

**muting switch.** *conmutador silenciador.* Conmutador utilizado en sistemas de sintonía automática para silenciar al receptor mientras se sintoniza de una estación a otra.

**mutual transconductance.** *transconductancia mutua.* Ver transconductance.

**myriametric wave.** *onda miriamétrica.* Onda de radio cuyos límites de longitud de onda son 10 y 100 km, correspondiente a la gama de muy baja frecuencia (VLF) que abarca desde 3 a 30 kHz.

# n

**nano.** *nano.* Prefijo que denota $10^{-9}$ o mil millonésima.

**narrow-band frequency modulation.** *modulación de frecuencia de banda estrecha.* Sistema de emisión de FM utilizado fundamentalmente para comunicación vocal de dos vías.

**negative bias.** *polarización negativa.* Tensión de polarización de rejilla que hace negativa a la rejilla de una válvula electrónica con respecto al cátodo.

**negative feedback.** *realimentación negativa.* Véase feedback.

**neon glow lamp.** *lámpara de neón.* Lámpara de descarga de neón que proporciona una iluminación característica de color naranja; se utiliza como indicador visual de tensión o de radiofrecuencia.

**noise.** *ruido.* Perturbación eléctrica no deseada o sonido que tiende a interferir la recepción normal de una señal deseada.

**noise limiter.** *limitador de ruido.* Circuito limitador que corta todos los picos de sonido más intensos que el pico más elevado en la señal que se desea recibir, reduciendo por tanto los efectos de las interferencias atmosféricas e intencionadas. También se denomina silenciador de ruido y supresor de ruido.

**nominal frequency.** *frecuencia nominal.* Valor específico de la frecuencia de un cristal que se distingue de la frecuencia real medida en funcionamiento.

**NPN.** *NPN.* Negativo-positivo-negativo. Utilizado para referirse a un semiconductor en el que una capa de conductividad P está emplazada entre dos capas de conductividad tipo N.

**NPNP transistor.** *transistor NPNP.* Transmisor de unión NPN que tiene una capa flotante entre regiones P y N.

**NPN transistor.** *transistor NPN.* Transistor de unión que tiene la base tipo P entre un emisor tipo N y un colector tipo N.

# o

**octal base.** *base octal.* Base de tubo electrónico que tiene una chaveta o cuña central de alineación y posiciones para ocho patillas igualmente espaciadas.

**octal socket.** *zócalo octal.* Zócalo para alojar a un tubo dotado con base octal.

**ohm.** *ohmio.* Unidad de resistencia e impedancia. Una tensión de 1 voltio aplicada a través de una resistencia de 1 ohmio produce una corriente de 1 amperio.

**Ohm's law.** *ley de Ohm.* La corriente I en un circuito es directamente proporcional a la tensión total E en el circuito e inversamente proporcional a la resistencia total R del mismo.

**omnidirectional antenna.** *antena omnidireccional.* Término aplicado a una antena que posee esencialmente un diagrama de radiación circular en azimut y un diagrama direccional en elevación. También se denomina antena no direccional.

**oscillator.** *oscilador.* 1) Circuito que genera corriente alterna a una frecuencia determinada por los valores de sus componentes. Las oscilaciones son producidas por utilización de una realimentación positiva mediante un tubo electrónico, transistor u otro dispositivo amplificador. Las oscilaciones son mantenidas por la energía procedente de una batería o de otra fuente de energía. Para alcanzar las características de estabilidad de frecuencia, el circuito debe incluir un cristal u otro generador esencialmente invariable de vibraciones. 2) Etapa de un receptor superheterodino que genera una señal de RF dando la correcta frecuencia para su mezcla con la señal de entrada y producir el valor de la FI del receptor. 3) Etapa de un transmisor que genera la frecuencia portadora de la estación o alguna fracción de esta frecuencia.

**outdoor antenna.** *antena exterior.* Antena receptora erigida en el exterior de un edificio, normalmente en una posición elevada.

**output.** *salida.* Energía útil entregada por un circuito o dispositivo.

**output stage.** *etapa de salida.* Etapa final en equipos electrónicos. En un receptor, alimenta directamente o a través de un transformador de salida al altavoz. En un transmisor, alimenta a la antena.

**output transformer.** *transformador de salida.* Transformador de núcleo de hierro de AF que se utiliza para adaptar la etapa de salida de un receptor de radio o amplificador de AF a su altavoz o a otra carga.

**overload.** *sobrecarga.* Carga mayor que la que un dispositivo puede soportar; puede causar sobrecalentamiento de los componentes de potencia y distorsión en los circuitos de señal.

**overload protection.** *protección de sobrecarga.* Protección contra una corriente excesiva mediante un dispositivo que interrumpe automáticamente el flujo de corriente cuando se presenta una sobrecarga.

# p

**parasitic element.** *elemento parásito.* Elemento de antena que sirve como parte de una antena direccional pero que no tiene conexión directa al receptor o transmisor. También se denomina elemento pasivo.

**parasitic suppressor.** *supresor de parásitos.* Dispositivo supresor, usualmente formado por una bobina y una resistencia en paralelo que se inserta en un circuito para suprimir las oscilaciones parásitas de alta frecuencia.

**peak.** *pico.* Valor máximo instantáneo de una cantidad. También llamado cresta.

**peak envelope power (PEP).** *potencia de pico de la envolvente.* Valor medio de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena, o a una carga ficticia especificada, por un transmisor en funcionamiento normal, durante un ciclo de radiofrecuencia correspondiente a la amplitud máxima de la envolvente de modulación.

**peak power output.** *salida de potencia de pico.* Potencia de salida de un transmisor promediada sobre un ciclo de la portadora a la máxima amplitud que puede presentarse para cualquier combinación de las señales transmitidas.

**peak-to-peak (PP).** *pico a pico (PP).* Valor que abarca del pico positivo al negativo en una corriente alterna.

**pentagrid converter.** *conversor pentarrejilla.* Tubo pentarrejilla que se utiliza como conversor (combinación de oscilador, mezclador y primer detector) en un receptor superheterodino. El cátodo y las dos primeras rejillas están en el circuito oscilador y la señal de entrada de RF se aplica a la tercera rejilla.

**pentagrid mixer.** *mezclador pentarrejilla.* Tubo pentarrejilla que mezcla dos señales. La primera y tercera rejilla son rejillas de control a las que se aplican las señales en tanto que la segunda y cuarta son rejillas de apantallamiento y la quinta es la rejilla supresora. Cuando se utilizan en receptores superheterodinos, la señal del oscilador local puede aplicarse bien a la primera o a la tercera rejilla.

**pentode.** *pentodo.* Tubo electrónico de cinco electrodos que contiene un ánodo, un cátodo, un electrodo de control y dos electrodos adicionales, normalmente rejillas.

**PEP.** *PEP.* Abreviatura de peak envelope power.

**period.** *período.* Tiempo requerido para un ciclo completo de una serie de eventos repetidos regularmente.

**phase (Φ).** *fase.* Posición de un punto en la forma de onda de una magnitud periódica o alterna con respecto al inicio del ciclo. Normalmente se expresa en grados: 360° representa un ciclo completo.

**phase deviation.** *desviación de fase.* Diferencia de pico entre el ángulo instantáneo de una onda modulada y el ángulo de la portadora sinusoidal en modulación de fase.

**phase inverter.** *inversor de fase.* Circuito o dispositivo que cambia la fase de una señal en 180° para, por ejemplo, atacar una etapa amplificadora en contrafase (push-pull) sin necesidad de utilizar transformador de acoplamiento o para cambiar la polaridad de un impulso.

**phase-locked loop (PLL).** *bucle de enganche de fase (PLL).* Circuito que consiste esencialmente en un detector de fase que compara la frecuencia de un oscilador controlado por tensión con una señal portadora de entrada.

**phase modulation (PM).** *modulación de fase (PM).* Ángulo de modulación en el que la fase de una portadora varía con la amplitud de la onda de la señal moduladora.

**piezoelectric.** *piezoeléctrico.* Dispositivo que tiene la capacidad de generar una tensión eléctrica cuando se le aplica una fuerza o para producir una fuerza mecánica cuando se le aplica una tensión, como un cristal piezoeléctrico.

**plate.** *placa.* 1) Una de las superficies conductoras de un condensador. 2) Uno de los electrodos de una batería. 3) Anodos.

**plate keying.** *manipulación por placa.* Véase anode keying.

**plate modulation.** *modulación por placa.* Véase anode modulation.

**PM.** Abreviatura de phase modulation.

**PN.** *PN.* Se utiliza para referirse a la entrecara de las capas P y N de un semiconductor.

**PNP.** *PNP.* Término utilizado para referirse a un semiconductor en el que una capa N está emplazada entre dos de tipo P.

**polarization.** *polarización.* Dirección del campo eléctrico radiado por una antena transmisora.

**positive bias.** *polarización positiva.* Polarización tal que la rejilla de un tubo electrónico es positiva con respecto al cátodo.

**positive feedback.** *realimentación positiva.* Véase feedback.

**pot.** Abreviatura de potentiometer.

**potentiometer.** *potenciómetro.* Resistencia continuamente ajustable de contacto deslizante que, generalmente, va montada sobre un eje giratorio. Generalmente se utiliza como divisor de tensión.

**power.** *potencia.* Energía eléctrica por segundo que se suministra a un dispositivo o que éste suministra. La unidad es el vatio.

**power amplifier.** *amplificador de potencia.* Amplificador de AF o RF que entrega la máxima potencia de salida a un altavoz o a otra carga.

**power gain.** *ganancia de potencia.* Valor de una antena igual a 12,56 veces el factor de la intensidad de radiación en una dirección dada respecto a la potencia total entregada a la antena.

**power output.** *potencia de salida.* Potencia de CA en vatios entregada por un amplificador a una carga.

**power semiconductor.** *semiconductor de potencia.* Dispositivo semiconductor capacitado para disipar una potencia considerable en funcionamiento normal. Puede manipular corrientes por valor de miles de amperios o tensiones de hasta cientos de voltios a elevadas frecuencias.

**power supply.** *fuente de alimentación.* Línea de alimentación, generador, batería u otra fuente de energía para equipos electrónicos.

**power transformer.** *transformador de potencia.* Transformador de núcleo de hierro que tiene un bobinado primario que se conecta a una línea de alimentación de CA y otro o más secundarios que proporcionan diversos valores de tensión en corriente alterna.

**power transistor.** *transistor de potencia.* Transistor capacitado para manipular altas corrientes y tensiones que se utiliza fundamentalmente en circuitos de audio y de conmutación.

**power tube.** *válvula de potencia.* Tubo electrónico capacitado para manipular más corriente y tensión que un tubo amplificador ordinario. Se utiliza en la última etapa de un amplificador de AF o en etapas de muy alta potencia en amplificadores de RF. También se denomina tubo amplificador de potencia y tubo de salida de potencia.

**PP.** *PP.* Abreviatura de peak-to-peak.

**P region.** *región P.* Región de semiconductor en la cual el número de huecos excede al de electrones.

**preselector.** *preselector.* 1) Dispositivo sintonizador intercalado entre la bajada de antena y los bornes de entrada de un receptor para mejorar la selectividad. 2) Etapa amplificadora de RF intercalada antes del conversor de frecuencia de un receptor superheterodino con objeto de mejorar la selectividad y sensibilidad del equipo.

**primary.** *primario.* Véase primary winding.

**primary winding.** *bobinado primario.* Bobinado de un transformador que recibe la señal de energía o CA de la línea de alimentación.

**printed circuit.** *circuito impreso.* Tarjeta de cableado impreso que tiene los componentes insertos en taladros a los cuales son posteriormente soldados.

**propagation.** *propagación.* Camino de las ondas electromagnéticas o sonoras a través de un medio, o el camino de una perturbación eléctrica instantánea a través de una línea de transmisión. También se denomina propagación de las ondas.

**propagation anomaly.** *anomalía de propagación.* Cambio experimentado en las características de propagación debido a una discontinuidad en el medio de propagación.

**push-pull amplifier.** *amplificador en contrafase.* Amplificador equilibrado que utiliza dos tubos electrónicos similares o dispositivos amplificadores equivalentes, que trabajan en oposición de fase.

# q

**Q.** *Q.* Factor de calidad de un circuito sintonizado o sistema resonante. Es igual a la reactancia dividida por la resistencia.

**quarter-wave.** *cuarto de onda.* Término aplicado a la longitud eléctrica de un cuarto de la longitud de onda.

**quarter-wave antenna.** *antena de un cuarto de longitud de onda.* Dícese de la antena cuya longitud eléctrica es igual a un cuarto de la longitud de onda que ha de transmitirse o recibirse.

**quarter-wave stub.** *adaptador de un cuarto de onda.* Sección de una línea de transmisión cuya longitud es un cuarto de la longitud de onda a la frecuencia fundamental que se ha de transmitir.

**quartz.** *cuarzo.* Cristal piezoeléctrico natural o artificial compuesto de dióxido de silicio, a partir del cual se obtienen placas finas para ser utilizadas como placas de cristal para controlar la frecuencia de un oscilador.

# r

**rack.** *bastidor.* Contenedor de acero normalizado proyectado para admitir el montaje de paneles sobre los cuales se montan los receptores, transmisores y otros equipos electrónicos.

**radiant energy.** *energía radiante.* Energía transmitida en forma de radiación electromagnética, tal como las ondas de radio y de luz.

**radiated power.** *potencia radiada.* Potencia total emitida por una antena transmisora.

**radiation efficiency.** *eficiencia de radiación.* Relación de la potencia radiada respecto a la potencia total suministrada a una antena a una frecuencia dada.

**radiation field.** *campo de radiación.* 1) Campo electromagnético que se propaga por el espacio desde una antena emisora. 2) Conjunto de las componentes del campo de una antena correspondientes a una propagación de energía.

**radiation lobe.** *lóbulo de radiación.* Parte de un diagrama de radiación limitada por uno o dos conos de mínimos de intensidad.

**radiation loss.** *pérdidas de radiación.* Pérdida en la transmisión debida a la radiación de energía radioeléctrica (RF) de un sistema de transmisión.

**radio.** *radio.* Transmisión de señales a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas.

**radio channel.** *canal de radio.* Banda de frecuencias de anchura suficiente como para permitir su utilización para comunicaciones por radio. La anchura de un canal depende del tipo de emisión y de la tolerancia de la frecuencia de emisión.

**radio communication.** *comunicación mediante ondas de radio;* ejemplos radiotelegrafía, radiotelefonía, facsímil, etc.

**radio fadeout.** *desvanecimiento brusco de señal.* Desvanecimiento repentino de las señales radioeléctricas que se propagan normalmente por la ionosfera (frecuencias comprendidas entre 2 y 30 MHz), debido a una perturbación ionosférica repentina que se produce cuando una parte suficiente de la trayectoria de transmisión se encuentra en el hemisferio iluminado por el sol.

**radio frequency (RF).** *radiofrecuencia.* Frecuencia a la cual es posible la radiación de energía electromagnética con el propósito de comunicación. Su valor es superior a las frecuencias acústicas pero inferior a la frecuencia de la luz y el calor.

**radio propagation prediction.** *predicción de la propagación.* Predicción relativa a la calidad o naturaleza de la propagación de ondas de radio según la actividad solar, distancia de cobertura y estación del año.

**radio receiver.** *receptor de radio.* Equipo que convierte las ondas de radio en sonidos inteligibles u otras señales perceptibles. También se denomina receptor.

**radio set.** *equipo de radio.* Receptor y transmisor de radio utilizado para comunicación en dos vías.

**radiotelegraph transmitter.** *transmisor radiotelegráfico.* Transmisor de radio capacitado para transmitir señales de código (emisiones del tipo A1 y B). Véase apéndice sobre denominación de las estaciones.

**radiotelegraphy.** *radiotelegrafía.* Telegrafía que implica el uso de ondas de radio en lugar de líneas de cable. Generalmente se utiliza el código Morse.

**radiotelephone.** *radioteléfono.* 1) Relativo a telefonía sobre canales de radio. 2) Transmisor y receptor de radio utilizado conjuntamente para comunicaciones en telefonía de dos vías por radio.

**radiotelephone transmitter.** *transmisor radiotelefónico.* Transmisor de radio capacitado para transmitir señales de modulación en AF.

**rated output.** *salida nominal.* Potencia de salida, tensión, corriente o cualquier otro valor al cual un dispositivo o equipo está diseñado para trabajar bajo condiciones normales especificadas.

**RC.** *RC.* Abreviatura de resistencia-capacidad. Véase resistance-capacitance.

**reactance.** *reactancia.* Oposición al paso de una corriente alterna que ofrece una inductancia pura o una capacidad en un circuito, expresada en ohmios. Es la componente de la impedancia que no es debida a la resistencia; la reactancia inductiva es debida a la inductancia y la reactancia capacitiva a la capacidad.

**receiving antenna.** *antena receptora.* Dícese de la antena que convierte ondas electromagnéticas a corrientes de RF moduladas.

**rectification.** *rectificación.* Proceso de convertir una corriente alterna en unidireccional.

**rectifier.** *rectificador.* Dispositivo que convierte corriente alterna en una corriente que tiene una gran componente unidireccional.

**reflected wave.** *onda reflejada.* Onda que llega a la antena receptora por vía indirecta, después de reflejarse en una superficie o en la ionosfera.

**reflection.** *reflexión.* Retorno o cambio en la dirección de las ondas de radio que inciden en una superficie o que pasan de un medio a otro.

**refraction.** *refracción.* Cambio abrupto que se produce en la dirección de propagación de una onda electromagnética al pasar oblicuamente de un medio a otro en el cual la velocidad de propagación es diferente.

**regenerative detector.** *detector regenerativo.* Circuito detector con válvulas de vacío en el cual la energía de RF es realimentada desde el circuito de placa al circuito de rejilla para obtener una realimentación positiva, a la frecuencia de la portadora, aumentando de esta forma la sensibilidad y amplificación del circuito.

**resistance.** *resistencia.* Oposición de un dispositivo o material al paso de corriente continua; se expresa en ohmios. En circuitos de CA, la resistencia es la componente real de la impedancia.

**resistance-capacitance (RC).** *resistencia-capacidad (RC).* Circuito o dispositivo que contiene tanto resistencia como capacidad.

**resistor.** *resistor.* Componente fabricado específicamente para ofrecer un valor determinado de resistencia. Se utiliza en los circuitos para limitar el flujo de corriente o para proporcionar una caída de tensión.

**resonance.** *resonancia.* 1) Condición existente en un circuito en el que la reactancia inductiva contrarresta la reactancia capacitiva. 2) Condición existente en un cuerpo, cuando la frecuencia de una vibración aplicada iguala la frecuencia natural del cuerpo.

**resonance frequency.** *frecuencia de resonancia.* 1) Frecuencia a la cual la reactancia inductiva de un circuito resonante dado, es igual a la reactancia capacitiva. 2) Frecuencia a la cual vibra fácilmente un cristal de cuarzo o el diafragma de un altavoz.

**resonant circuit.** *circuito resonante.* Circuito que contiene inductancia y capacidad de valores tales que proporcionan resonancia a una frecuencia de trabajo. La frecuencia en hercios en la cual tiene lugar la resonancia es $1/2\ \pi\sqrt{LC}$, donde L son henrios y C son faradios.

**RF.** *RF.* Abreviatura de radio frequency.

**RF amplifier.** *amplificador de RF.* Amplificador que incrementa la tensión o potencia de las señales de RF a la frecuencia portadora. En un receptor superheterodino, el amplificador de RF a veces se utiliza delante del conversor.

**RF current.** *corriente de RF.* Corriente alterna que tiene una frecuencia superior a aproximadamente 10 kHz.

**RF energy.** *energía de RF.* Energía de corriente alterna a cualquier frecuencia del espectro de radio cmprendida entre 10 kHz y 300 GHz.

**RF harmonic.** *armónico de RF.* Armónico de una frecuencia portadora. La frecuencia del segundo armónico de RF es el doble de la frecuencia portadora.

**rhombic antenna.** *antena rómbica.* Antena direccional en forma de rombo horizontal que es excitada por uno de los vértices y que en el vértice opuesto termina en una impedancia o resistencia de carga. La radiación tiene lugar por el extremo opuesto al de alimentación o excitación.

**ripple.** *rizado.* Componente de CA en la salida de una fuente de alimentación de CC que se origina dentro de la fuente debido a un filtrado incompleto.

# S

**safety service.** *servicio de seguridad.* Servicio de radiocomunicación cuyo funcionamiento está directamente relacionado, de forma permanente o temporal, con la seguridad de la vida humana o con la salvaguardia de bienes.

**scheduled frequency.** *frecuencia según horario.* Frecuencia asignada de una estación para trabajar a una hora determinada.

**schematic diagram.** *diagrama esquemático.* Representación gráfica de un circuito en el cual los diversos dispositivos o elementos aparecen en forma de símbolos y las conexiones en forma de líneas.

**screen grid.** *rejilla pantalla.* 1) Electrodo interpuesto entre otros y sometido en general a una tensión adecuada para compensar o disminuir los efectos de capacidad entre ellos. 2) Rejilla colocada entre una rejilla de control y un ánodo y generalmente mantenida a un potencial positivo fijo, cuya función es la de reducir el efecto electrostático del ánodo en el espacio situado entre la rejilla pantalla y el cátodo.

**screen grid modulation.** *modulación por rejilla pantalla.* Modulación de la portadora presente en un tubo multirrejilla, aplicando la señal moduladora al circuito de rejilla pantalla.

**screened cable.** *cable blindado.* Cable en el cual el aislamiento de cada conductor está recubierto de una capa conductora con el fin de que el conductor se distribuya radialmente en el aislamiento de cada conductor.

**seasonal factor.** *factor de variación estacional.* Cada uno de los factores aplicados para ajustar los datos relativos a la absorción de la onda celeste según las variaciones estacionales; éstas se deben principalmente a las fluctuaciones de altura de las capas ionosféricas.

**second-channel frequency.** *frecuencia imagen.* En un receptor superheterodino, dícese de la frecuencia simétrica de la frecuencia de sintonización con respecto a la frecuencia del oscilador local.

**second-channel interference.** *interferencia de segundo canal.* Interferencia que tiene su origen en un canal que sigue al adyacente.

**second detector.** *segundo detector.* En los receptores superheterodinos, etapa que separa la información útil de la portadora modulada de FI.

**selectance.** *selectancia.* Inversa del cociente de la sensibilidad de un receptor para el cual está sintonizado, por la sensibilidad para otro canal separado del primero por un número especificado de

canales intermedios. El cociente de sensibilidades puede substituirse por el de las tensiones o las intensidades de campo correspondientes.

**selective calling.** *llamada selectiva.* 1) Sistema por el cual una estación puede llamar exclusivamente a la estación deseada de una red radioeléctrica, o a un grupo de tales estaciones, por medio de una señal codificada. 2) En telegrafía, método de control de la transmisión de tráfico, por el cual los mensajes se dirigen únicamente a los equipos teleimpresores de destino.

**selective fading.** *desvanecimiento selectivo.* Desvanecimiento desigual para las diferentes frecuencias comprendidas en el canal de transmisión, es decir, en la banda ocupada por la onda modulada, con lo cual se produce distorsión variable de instante en instante; se distingue del desvanecimiento espectral, que afecta por igual a todas las frecuencias del espectro.

**selectivity.** *selectividad.* 1) Aptitud mayor o menor de un receptor de radio para captar las señales de una emisora y, al mismo tiempo, bloquear las de otras emisoras que transmiten en canales adyacentes. 2) Característica de un receptor que determina el grado en el cual es capaz de diferenciar entre la señal deseada y las señales indeseadas o perturbaciones de frecuencias diferentes.

**semiautomatic code-transmitting key.** *manipulador semiautomático.* Véase bug.

**semiconductor.** *semiconductor.* Cuerpo sólido cuya resistividad está comprendida entre la de los conductores y la de los aislantes.

**sending key.** *manipulador telegráfico.* Véase key y bug.

**sensitivity.** *sensibilidad.* Aptitud de un receptor radioeléctrico de suministrar una señal de salida fácilmente utilizable a partir de una señal débil de entrada, o de una señal incidente débil.

**sensitivity control.** *control de sensibilidad.* En un receptor de radio, dícese del control o mando que permite ajustar la amplificación de las etapas de RF.

**SHF.** *SHF.* Abreviatura de superhigh frequency.

**shielded wire.** *conductor apantallado.* Conductor aislado cubierto por un blindaje metálico, generalmente constituido por cable trenzado.

**short-circuit.** *cortocircuito.* Conexión de baja resistencia a través de una fuente de tensión o entre ambos lados de un circuito o línea, usualmente accidental, y que normalmente origina la aparición de un flujo de corriente excesivo que puede originar daños.

**shortwave.** *onda corta.* Término genérico aplicado a una longitud de onda inferior a 200 metros, correspondiente a frecuencias superiores a 1600 kHz.

**shortwave antenna.** *antena de onda corta.* Dícese de la antena que recibe frecuencias comprendidas entre 1,6 y 30 MHz.

**shortwave receiver.** *receptor de onda corta.* Receptor diseñado para recibir emisiones comprendidas entre 1,6 y 30 MHz.

**sideband.** *banda lateral.* Banda de frecuencias a cada lado de la frecuencia portadora de una señal de radio modulada, producida en el proceso de modulación. La banda lateral superior contiene las frecuencias que son la suma de las frecuencias de modulación y portadora en tanto que la banda lateral inferior contiene la diferencia de frecuencias.

**sideband attenuation.** *atenuación de banda lateral.* Atenuación en la que la amplitud relativa transmitida de algún componente de una señal modulada es menor que la producida por el proceso de modulación.

**sideband power.** *potencia de banda lateral.* Potencia contenida en las bandas laterales; un receptor responde a la potencia de banda lateral en vez de la potencia de portadora cuando recibe una onda modulada.

**sideband suppression.** *supresión de banda lateral.* Extracción de la energía de una banda lateral del espectro de una portadora modulada.

**side lobe.** *lóbulo lateral.* Véase minor lobe.

**siemens.** *siemens.* Unidad de conductancia. Una resistencia o impedancia de 1 ohmio corresponde a una conductancia o admitancia de 1 siemens.

**signal strength.** *intensidad de señal.* Intensidad de la señal producida por un transmisor de radio en un emplazamiento dado, que se expresa en microvoltios o milivoltios por metro de la altura de antena receptora.

**signal-strength meter.** *indicador de intensidad de señal.* Medidor que se conecta al control automático de volumen de un circuito de un receptor de comunicaciones y calibrado en dB o en unidades arbitrarias S, para indicar la intensidad de la señal recibida. También se denomina indicador S y medidor de unidades S.

**signal-to-noise ratio (SNR).** *relación señal-ruido (S/R).* Cociente entre la amplitud de una señal deseada en cualquier punto y la amplitud de las señales de ruido en el mismo punto. Frecuentemente se expresa en dB.

**simplex operation.** *funcionamiento símplex.* Método de transmisión o recepción de radio en el cual la comunicación entre dos estaciones tiene lugar en una sola dirección a la vez. También se denomina símplex.

**sine wave.** *onda senoidal.* Dícese de la onda cuya amplitud varía como el seno de una función de tiempo lineal.

**sine-wave modulation.** *modulación de onda senoidal.* Modulación en la cual la envolvente de una señal portadora modulada tiene la forma de una sinusoide.

**single-sideband (SSB).** *banda lateral única (BLU).* Relativo a un sistema de comunicación en el cual se suprime una de las dos bandas laterales para modulación de amplitud.

**single-sideband communication.** *comunicación por banda lateral única.* Sistema de comunicación en el cual se suprime la portadora de RF y una banda lateral. En el transmisor se requiere menos potencia para recibir en el receptor la misma señal efectiva, puede utilizarse una banda de frecuencia más estrecha y además la señal resulta menos afectada por las interferencias y por el amortiguamiento selectivo.

**single-sideband transmission.** *transmisión en banda lateral única.* Dícese de la transmisión de una portadora y esencialmente de una frecuencia de modulación de banda lateral, en la que sólo se transmite la banda lateral superior. La onda portadora puede transmitirse o suprimirse.

**skip distance.** *distancia de salto.* Distancia mínima que las ondas de radio pueden recorrer entre dos puntos de la tierra por reflexión en la ionosfera a una hora y frecuencia específica.

**sky wave.** *onda celeste.* Onda de radio que se desplaza en sentido ascendente en el espacio y que puede o no retornar a tierra por reflexión de la ionosfera. También se denomina onda ionosférica.

**sleeve antenna.** *antena de manguito.* Radiador vertical único de media onda cuya mitad inferior es un manguito metálico a través del cual se encuentra la línea de excitación. La porción radiante superior, de longitud de un cuarto de longitud de onda, se conecta al centro de la línea.

**sleeve-dipole antenna.** *antena dipolo de manguito.* Dipolo rodeado en su parte central por un manguito coaxial.

**sleeve stub.** *acoplador de manguito.* Antena consistente en una antena dipolo de manguito que se proyecta desde una gran superficie metálica.

**SOS.** *SOS.* Señal de socorro en radiotelegrafía, consistente en transmitir como una misma señal las letras S, O y S.

**space wave.** *onda espacial.* Componente de una onda de tierra que se desplaza más o menos directamente a través del espacio desde la antena transmisora a la receptora. Una parte de la onda espacial va directamente de una antena a la otra, mientras que otra parte se refleja fuera de la tierra entre antenas.

**spectrum.** *espectro.* Término que engloba a todas las frecuencias utilizadas con fines específicos; el espectro de radio se extiende desde 10 kHz hasta 300 GHz.

**sporadic E layer.** *capa E esporádica.* Capa de ionización intensa que se presenta esporádicamente dentro de la capa E. Su aparición es variable con el tiempo, altura, distribución geográfica, frecuencia de penetración y densidad de ionización.

**spurious response.** *respuesta espuria.* Respuesta de un receptor de radio a una frecuencia distinta a la cual está sintonizado.

**SSB.** *BLU.* Abreviatura de single sideband.

**stacked array.** *red de antenas superpuestas.* Red en la cual los elementos de antena están superpuestos uno encima del otro y conectados en fase para aumentar la ganancia.

**stacked dipoles.** *dipolos superpuestos.* Dos o más dipolos dispuestos uno sobre el

otro, montados en una estructura vertical, conectados en fase para aumentar la ganancia.

**standard frequency service.** *servicio de frecuencias patrón.* Servicio de radiocomunicaciones que implica la transmisión de frecuencias específicas patrón de alta precisión para, por ejemplo, ajuste de los receptores y están encaminadas para su recepción en general.

**standard frequency signal.** *señal de frecuencia patrón.* Una de las señales de alta precisión emitidas por el National Bureau of Standards de EE.UU. cuya estación WWV emite a frecuencias de 2,5; 5; 10; 15; 20; 25 y 30 MHz a horas establecidas a fin de calibrar los equipos de radio esparcidos por todo el mundo.

**standby.** *en reposo, a la espera.* 1) Condición del equipo (transmisor o receptor) que permite reanudar por completo el funcionamiento uniforme y regular en un breve espacio de tiempo. 2) Petición para esperar a la recepción de mensajes cuya transmisión es próxima.

**statics.** *estáticos.* Interferencia estática. Perturbación que tiende a interferir la recepción de señales de radio por causa de la actividad atmosférica (tormentas).

**stub.** *adaptador.* 1) Tramo reducido de una línea de transmisión, abierta o cortocircuitada en su extremo final, conectada en paralelo con una línea de transmisión para adaptación de su impedancia a la de una antena o transmisor. 2) Extensión maciza de un cuarto de longitud de onda, utilizada como soporte aislante en un guiaondas o cavidad.

**S unit.** *unidad S.* Unidad arbitraria de intensidad de señal, frecuentemente expresada en dB en la escala de un medidor a dicho efecto.

**sunspot.** *mancha solar.* Mancha oscura en el Sol, frecuentemente asociada a tormentas magnéticas en la Tierra que afectan las radiocomunicaciones a bajas frecuencias.

**sunspot cycle.** *ciclo de manchas solares.* Período cíclico que se presenta aproximadamente cada 11 años, en el cual el número y duración de las manchas solares se acumula hasta alcanzar un valor máximo para luego disminuir a su valor mínimo. También se denomina ciclo solar.

**superheterodyne receiver.** *receptor superheterodino.* Receptor en el cual todas las señales portadoras de RF se convierten a un valor de portadora de FI común para su amplificación y selectividad antes de la demodulación, utilizando una acción superheterodina. La salida del amplificador de FI es entonces demodulada en el segundo detector para obtener la señal de audiofrecuencia deseada.

**superhigh frequency (SHF).** *frecuencia superalta.* Designación de la banda de frecuencias comprendidas entre 3 y 30 GHz, correspondiente a longitudes de onda centimétrica de 1 a 10 cm.

**superregeneration.** *superregeneración.* Regeneración en la cual se debilita o extingue la oscilación a una frecuencia ligeramente superior al límite máximo de audibilidad del oído humano por medio de un circuito oscilador separado conectado entre la rejilla y el ánodo del tubo amplificador, para evitar la regeneración del valor útil superando el máximo.

**superregenerative detector.** *detector superregenerativo.* Detector en el cual tiene lugar la superregeneración para obtener una sensibilidad extremadamente elevada con un mínimo de etapas amplificadoras.

**superregenerative receiver.** *receptor superregenerativo.* Receptor de RF sintonizado que utiliza un detector superregenerativo.

**supply voltage.** *tensión de alimentación.* Tensión obtenida a partir de una fuente de energía para alimentar a un circuito o dispositivo.

**suppressed-carrier transmission.** *transmisión de portadora suprimida.* Dícese de la transmisión en la cual la componente de la portadora está suprimida, transmitiéndose únicamente las bandas laterales.

**suppression.** *supresión.* Eliminación de cualquier componente de una emisión, tal como una frecuencia particular o grupo de frecuencias en una señal de AF o RF.

**suppressor grid.** *rejilla supresora.* Rejilla emplazada entre dos electrodos positivos en un tubo electrónico, para reducir fundamentalmente el flujo de electrones secundarios de un electrodo a otro. Normalmente se utiliza entre la rejilla pantalla y el ánodo.

**surge.** *sobrecorriente, sobretensión.* Gran incremento momentáneo de la corriente o tensión en un circuito eléctrico.

**switch.** *conmutador.* Dispositivo que puede accionarse manual o mecánicamente para establecer, interrumpir o cambiar las conexiones de un circuito.

# t

**tank circuit.** *circuito tanque.* Circuito capaz de almacenar energía eléctrica en una banda de frecuencias distribuida sin discontinuidad alrededor de la frecuencia resonante, tal como una bobina y un condensador en paralelo. La selectividad del circuito es proporcional al factor Q que es la relación entre la energía almacenada en el circuito y la energía disipada. Denominado también tanque.

**T antenna.** *antena en T.* Antena consistente en uno o más conductores horizontales con una alimentación realizada aproximadamente en el centro de cada conductor.

**telegraph transmitter.** *transmisor telegráfico.* Equipo que controla una fuente para formar señales de telegrafía para transmisión por radio o por línea física.

**telegraphy.** *telegrafía.* Comunicación a distancia por señales de código, consistentes en impulsos de corriente transmitidos por cable o por radio.

**telephony.** *telefonía.* Transmisión de voz y sonidos a un punto distante con fines de comunicación.

**tera.** *tera.* Prefijo que denota $10^{12}$, o billón.

**terminal.** *terminal.* Tornillo, borne u otro elemento con el que se establecen las conexiones eléctricas.

**tesla.** *tesla.* Unidad de densidad de flujo magnético igual a 1 Weber/$m^2$.

**test.** *prueba.* Acción de verificar el funcionamiento y las características de un componente o equipo en condiciones controladas.

**tetrode.** *tetrodo.* Tubo electrónico de cuatro electrodos que dispone de un ánodo o placa, un cátodo, un electrodo de control, y un electrodo adicional, el cual normalmente es una rejilla.

**time signal.** *señal horaria.* Señal de radio emitida a horas extremadamente precisas con carácter diario.

**tower.** *torre.* Estructura metálica utilizada como antena transmisora o bien utilizada con otra estructura similar para soportar el conductor de una antena transmisora.

**transceiver.** *transceptor.* Receptor y transmisor de radio combinado en una unidad única, dotada de diversas disposiciones de conmutación para permitir el uso de una o más etapas tanto para recibir como para transmitir.

**transconductance.** *transconductancia.* Parámetro de tubo electrónico igual a la variación de la intensidad anódica dividida por la variación de la tensión en la rejilla de control. Se expresa en siemens. Con menor rigor, la transconductancia es el factor de amplificación de tubo, dividido por la resistencia anódica.

**transformer.** *transformador.* Componente que consiste en dos o más bobinas acopladas por inducción magnética. Se utiliza para transferir energía eléctrica de uno o más circuitos a uno o más circuitos sin cambios en frecuencia, pero usualmente con valores cambiados de tensión y corriente.

**transformer-coupled amplifier.** *amplificador acoplado por transformador.* Amplificador de AF que utiliza transformadores de núcleo de hierro no sintonizados para proporcionar acoplamiento entre etapas.

**transient.** *transitorio.* Impulso, oscilación amortiguada u otro fenómeno temporal que se presenta en un sistema antes de alcanzar una condición de estado fija.

**transmission.** *transmisión.* 1) Término aplicado al proceso de transferir una señal, mensaje u otra forma de información, de un lugar a otro o a otros mediante cables, radio, etc. 2) Mensaje, señal u otra forma de información, que está siendo transmitida.

**transmission loss.** *pérdidas de transmisión.* 1) Relación de la potencia en un punto de un sistema de transmisión y de potencia en otro más avanzado de la línea. Generalmente se expresa en dB. 2) Potencia efectiva perdida en la transmisión de una señal desde un punto a otro a través de un medio o a lo largo de una línea. Denominada también pérdidas.

**transmitter.** *transmisor.* 1) Equipo utilizado para generar y amplificar una señal portadora de RF, modular la señal portadora con información e introducir la porta-

dora modulada a una antena para su radiación al espacio en forma de ondas electromagnéticas. 2) El telefonía, micrófono que convierte las ondas de sonido en señales de AF.

**transverse electromagnetic wave.** *onda electromagnética transversal.* Onda electromagnética en la cual tanto el vector de campo magnético como el eléctrico son en cualquier lugar perpendiculares a la dirección de propagación.

**trap.** *eliminador, trampa.* Circuito sintonizado utilizado en la sección de FI o de RF de un receptor para rechazar frecuencias indeseadas.

**trimmer.** *trimer.* Pequeño condensador variable o semiajustable, o inductancia variable, utilizado en circuitos sintonizados para ajustar valores de capacidad con la finalidad de realizar ajustes, de forma que todos los circuitos pueden ajustarse de forma precisa mediante un control único.

**triode.** *triodo.* Válvula electrónica de tres electrodos denominados ánodo, cátodo y rejilla.

**triple conversion receiver.** *receptor de triple conversión.* Receptor de comunicaciones que tiene tres FI diferentes para proporcionar mayor selectividad de canal adyacente y mayor supresión de la frecuencia imagen.

**troposphere.** *troposfera.* Región de la atmósfera terrestre que se extiende desde la superficie de la Tierra hasta una altura de 10 km aproximadamente, en la cual generalmente disminuye la temperatura con la altura, se forman nubes y existe la convección. Se utiliza para comunicaciones a muy alta frecuencia.

**tropospheric bending.** *incurvamiento troposférico.* Incurvamiento de la dirección de propagación de las ondas radioeléctricas en la troposfera causado por fenómenos de refracción. Este incurvamiento explica el alcance extraordinario que a veces tienen las transmisiones por muy alta frecuencia (VHF).

**tropospheric scattering.** *dispersión troposférica.* Modo de propagación en el que las ondas radioeléctricas son difundidas a consecuencia de irregularidades o discontinuidades en las propiedades físicas de la troposfera.

**tropospheric wave.** *onda troposférica.* Onda radioeléctrica que se propaga enteramente por la troposfera y cuya propagación es determinada esencialmente por las variaciones del índice de refracción de la misma.

**tune.** *sintonizar.* Acción de ajustar la resonancia a una frecuencia deseada.

**tuned antenna.** *antena sintonizada.* Antena cuya impedancia y capacidad proporcionan resonancia a la frecuencia de trabajo deseada.

**tuned circuit.** *circuito sintonizado.* Circuito cuyos componentes pueden ajustarse para hacer que el circuito tenga respuesta a una frecuencia particular en una gama de sintonía.

**tuned dipole.** *dipolo sintonizado.* Dipolo que proporciona resonancia a su frecuencia de trabajo.

**tuned filter.** *filtro sintonizado.* Filtro que emplea uno o más circuitos sintonizados para atenuar o pasar señales a la frecuencia de resonancia.

**tuned radio frequency (TRF).** *RF sintonizada.* Término relativo a un receptor en el cual la amplificación de RF se lleva a cabo a la frecuencia de la señal portadora transmitida.

**tuned radio frequency receiver.** *receptor de RF sintonizado.* Receptor de radio consistente en cierto número de etapas amplificadoras que están sintonizadas a resonancia a la frecuencia portadora de la señal deseada. Las señales amplificadas a la frecuencia portadora original se introducen directamente en el detector para su demodulación, en tanto que las señales de AF resultantes se amplifican en un amplificador de AF y se reproducen posteriormente en un altavoz. Actualmente se ha reemplazado por receptores superheterodinos que poseen mucha mayor selectividad.

**tuned radio frequency stage.** *etapa de RF sintonizada.* Etapa de amplificación que es sintonizable a la frecuencia portadora de la señal que se recibe.

**tuner.** *sintonizador.* Porción de un receptor que contiene los circuitos necesarios para sintonizarlos en orden a aceptar una frecuencia portadora procedente de una emisión determinada y rechazar las portadoras de otras estaciones no deseadas.

**tuning.** *sintonía.* Acción de ajustar circuitos para una recepción óptima a una frecuencia determinada.

**turnstile antenna.** *antena en torniquete.* Antena formada por uno o más pares de dipolos de media onda perpendiculares entre sí y cuyos ejes se cortan por sus puntos medios. Cuando existen dos o más de estos pares de dipolos, los mismos van montados a diferentes alturas en un mástil y se denominan entonces pisos o capas. Por lo general, los dipolos de cada par son recorridos por corrientes iguales y en cuadratura de fase. Se utiliza fundamentalmente para TV, así como para VHF y UHF.

# U

**UHF.** *UHF.* Abreviatura de ultra high frequency.

**ultra high frequency.** *frecuencia ultra alta.* Designación para frecuencias en la banda comprendida entre 300 y 3000 MHz, correspondiente a ondas decimétricas con longitud de onda entre 10 y 100 cm.

**umbrella antenna.** *antena de sombrilla, antena de paraguas.* Antena constituida por conductores dispuestos según las generatrices de un cono de eje vertical y cuyas extremidades superiores, convergentes en el vértice del cono, están conectadas a una bajada de antena.

**unidirectional antenna.** *antena unidireccional.* Antena caracterizada por radiar o recibir la mayor parte de su energía en una sola dirección.

**unipole.** *unipolo.* Antena hipotética que radia o recibe uniformemente en todas las direcciones del espacio. Carece de posible existencia o representación física, pero es útil como elemento teórico de referencia para expresar las propiedades directivas de antenas reales. También se denomina antena isotrópica.

**universal receiver.** *receptor universal.* Véase AC/DC receiver.

**universal time (UIT).** *hora universal.* Véase Greenwich mean time. (GMT).

**unloaded antenna.** *antena descargada.* Antena a la cual no se le ha añadido ningún elemento capacitivo o inductivo.

**unmodulated keyed continuous wave.** *onda interrumpida manipulada no modulada.* (Emisión A1, F1). Véase apéndice relativo a la denominación de las emisoras.

**untuned antenna.** *antena desintonizada.* Antena aperiódica. Antena que presenta una impedancia sensiblemente constante entre los límites de una amplia gama de frecuencias.

**unwanted power output.** *potencia de salida parásita.* Potencia media suministrada a una carga específica por un emisor radioeléctrico funcionando en condiciones especificadas, en una o más frecuencias situadas fuera de la banda necesaria, y cuyo nivel puede ser reducido sin afectar la transmisión de la información correspondiente.

**upper-sideband.** *banda lateral superior.* Término aplicado a la más alta de las dos bandas de frecuencias resultantes de una modulación.

**useful output power.** *potencia útil de salida.* Potencia media suministrada a una carga especificada en las frecuencias comprendidas en la banda necesaria, por un emisor radioeléctrico funcionando en condiciones especificadas.

# V

**vacuum tube.** *válvula de vacío.* Tubo electrónico en el cual se ha practicado un vacío lo suficientemente elevado para que sus propiedades eléctricas no sean esencialmente modificadas por la ionización del gas o de vapores residuales.

**variable capacitor.** *condensador variable.* Condensador cuya capacidad puede ser variada a voluntad, sea modificando el área efectiva de las placas o variando la distancia de las mismas.

**variable-mu tube.** *tubo de mu variable.* Tubo electrónico cuyo factor o coeficiente de amplificación y conductancia mutua varían en función de la polarización de la rejilla de control.

**vernier dial.** *cuadrante reductor.* Cuadrante de sintonía en el que una vuelta completa de la perilla de mando no produce más que una fracción de vuelta del eje principal, lo que permite efectuar sintonías del receptor muy finas y exactas.

**vertical antenna.** *antena vertical.* Antena

constituida por un conductor vertical, que puede ser un mástil, una varilla o un cable.

**vertical polarization.** *polarización vertical.* Transmisión de ondas de radio de forma tal que las líneas eléctricas de fuerza sean verticales en tanto que las líneas magnéticas de fuerza sean horizontales. Con esta polarización, las antenas dipolo receptoras se emplazan en un plano vertical.

**very high frequency (VHF).** *frecuencia muy alta (VHF).* Designación para la banda de frecuencias comprendidas entre 30 y 300 MHz, correspondiente a una longitud de onda entre 1 y 10 metros.

**very low frequency (VLF).** *frecuencia muy baja (VLF).* Designación para la banda de frecuencias comprendida entre 3 y 30 kHz, correspondiente a ondas miriamétricas de longitud de onda comprendida entre 10 y 100 km.

**VHF.** *VHF.* Abreviatura de very high frequency.

**VLF.** *VLF.* Abreviatura de very low frequency.

**voltage.** *tensión.* Término utilizado para expresar la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos y que es capaz de producir un flujo de corriente cuando un circuito cerrado se conecta entre esos puntos. La tensión se expresa en voltios.

# W

**W.** Abreviatura de watt.

**wafer socket.** *zócalo de galleta.* Zócalo de tubo electrónico que consiste en una o dos galletas de material aislante. Contiene unos huecos en los cuales están alojados unos muelles que sujetan las patillas de las válvulas.

**walkie-talkie.** *walkie-talkie.* Transceptor compacto portátil, normalmente de bolsillo, diseñado para realizar comunicaciones a cortas distancias.

**watt (W).** *vatio.* Unidad de potencia eléctrica. En un circuito de CC, la potencia en vatios es igual a los voltios multiplicados por los amperios. En un circuito de CA, la potencia verdadera en vatios son los voltios eficaces multiplicados por los amperios eficaces y luego multiplicados por el factor de potencia del circuito.

**wave.** *onda.* 1) Perturbación que se propaga por el espacio. 2) Ciclo único de una perturbación periódica que se propaga por el espacio o por un medio cualquiera.

**wave amplitude.** *amplitud de onda.* Magnitud de la variación máxima de una característica (tensión, corriente) de la onda respecto a cero.

**wave angle.** *ángulo de trayectoria de una onda.* Angulo con el que la onda parte de la antena emisora o que llega a la antena receptora.

**wave attenuation.** *atenuación de onda.* Disminución de amplitud de una onda.

**wave-band switch.** *selector de banda.* Conmutador que en un receptor o transmisor de radio sirve para cambiar la banda de sintonización.

**wave propagation.** *propagación de ondas.* Véase propagation.

**wavelength.** *longitud de onda.* Distancia entre dos puntos de igual fase pertenecientes a dos ciclos consecutivos; es igual a la distancia recorrida por la onda durante un ciclo.

**whip antenna.** *antena de látigo.* Antena vertical flexible que se utiliza fundamentalmente en vehículos.

**Windom antenna.** *antena Windom.* Antena de transmisión empleada fundamentalmente por radioaficionados. Se caracteriza por funcionar satisfactoriamente en los armónicos pares de su frecuencia fundamental, lo cual permite utilizarla para varias bandas del servicio de radioaficionados. En su forma original, consiste en un conductor de media longitud de onda, alimentada por una línea monofilar conectada a una distancia igual al 14 % de dicha longitud; en su versión moderna utiliza una línea de conductores gemelos de 300 ohmios, conectada a una distancia del centro igual al 35 % aproximadamente de la longitud de antena.

**wire-grid lens antenna.** *antena de lente de rejilla.* Antena para ondas cortas (3 a 30 MHz) constituida por dos rejillas metálicas suspendidas una sobre la otra, y rodeadas por una bocina de hilos radiales. Pueden disponerse en la lente hasta un máximo de 36 acopladores, para recepción en otras tantas direcciones; también pueden combinarse las salidas para obtener un haz orientable eléctricamente.

**wireless.** *radiocomunicación.* Término antiguamente utilizado para denotar a la radiotelegrafía.

**WWV.** *WWV.* Indicativo de llamada de una estación emisora del National Bureau of Standards de EE.UU. que presta diversos servicios de emisiones para fines técnicos. (Véase standard frequency signal).

# Y

**Y antenna.** *antena en Y.* Antena con transformador, de adaptación en delta.

**Yagi antenna.** *antena Yagi.* Antena de radiación longitudinal constituida por varios elementos paralelos y coplanarios que comprenden uno o varios elementos activos y varios reflectores o directores.

**zener diode.** *diodo zener.* Diodo de silicio que se comporta como un rectificador hasta que la tensión aplicada alcanza un valor denominada tensión zener en que se hace conductor y mantiene entre sus terminales una caída de tensión esencialmente constante e independiente de la corriente, característica que le confiere amplia gama de aplicaciones como limitador de tensión en diversos tipos de circuitos y como estabilizador en fuentes de alimentación.

# Z

**Zeppelin antenna.** *antena Zeppelin.* Antena constituida por un conductor horizontal de longitud igual a un múltiplo de media longitud de onda, y que es alimentado por un extremo mediante uno de los conductores de una línea de transmisión bifilar cuyo largo es también un múltiplo de media longitud de onda.

**zero beat.** *batido cero.* 1) En las mezclas heterodinas, punto de coincidencia perfecta de las frecuencias mezcladas. 2) Condición en que la frecuencia de un circuito oscilante es exactamente igual a la de una señal entrante, por lo cual la frecuencia de pulsación es nula y, por tanto, inaudible. 3) Condición existente en un circuito de mezcla heterodina (batido) cuando las dos frecuencias son de idéntico valor.

**zero bias.** *polarización cero.* Condición en la cual la rejilla de control y el cátodo de un tubo electrónico están a la misma tensión de corriente continua.

## APENDICE
## Denominación de las emisoras

1) Tipos de modulación de la portadora principal

| | | |
|---|---|---|
| a) | Amplitud | A |
| b) | Frecuencia o fase | E |
| c) | Impulso | P |

2) Tipos de transmisión

| | | |
|---|---|---|
| a) | Ausencia de toda modulación destinada a transmitir información | 0 |
| b) | Telegrafía sin modulación por audiofrecuencia | 1 |
| c) | Telegrafía con manipulación por interrupción (señal o nada) de una o más audiofrecuencias de modulación o con manipulación por interrupción de la emisión modulada (caso particular: emisión no manipulada, modulada en amplitud). | 2 |
| d) | Telefonía (incluida radiodifusión) | 3 |
| e) | Facsímil (con modulación de la portadora principal, ya directamente, ya por medio de una subportadora modulada en frecuencia) | 4 |
| f) | Televisión (sólo imagen) | 5 |
| g) | Telegrafía dúplex de cuatro frecuencias | 6 |
| h) | Telegrafía multicanal de frecuencias vocales | 7 |
| i) | Casos no comprendidos en la precedente clasificación | 8 |

3) Características suplementarias

| | | |
|---|---|---|
| a) | Doble Banda Lateral | (ninguno) |
| b) | Banda Lateral única: | |
| | portadora reducida | A |
| | portadora completa | H |
| | portadora suprimida | J |
| c) | Dos bandas laterales independientes | B |
| d) | Banda lateral residual | C |
| e) | Impulsos: | |
| | modulado en amplitud | D |
| | modulado en anchura (o en duración) | E |
| | modulado en fase (o en posición) | F |
| | modulado en código | G |

Ejemplo: A3J; telefonía en banda lateral única con portadora suprimida.

# los autores

**Rafael Arquimbau González.** EA3AEB, Ingeniero Técnico Electrónico. Prestó sus servicios como jefe del departamento de proyectos telecomunicaciones de TelySon, S.A. de Barcelona en el período 1970-79.

Vocal de VHF-UHF de la Unión de Radioaficionados Españoles «URE» (1978-80).

En la actualidad es Director General de Expocom, S.A. empresa dedicada totalmente a las Telecomunicaciones e Informática con sede en Madrid y Barcelona.

**Federico Bonnín Forteza.** Ingeniero Técnico de Telecomunicación en 1958. Forma parte del equipo técnico del Laboratorio de Aplicaciones Electrónicas Profesionales de «MINIWATT» desde su fundación en 1962.

Ex-profesor de Técnicas Analógicas de los cursos para postgraduados de la Fundación «Rosa Pascual» de la Excma. Diputación de Barcelona.

Galardonado con el «Premio Mundo Electrónico» a la «Mejor Obra sobre Electrónica Profesional» en el año 1979 con el libro titulado: Fuentes de alimentación reguladas electrónicamente.

Ha publicado diversos artículos técnicos sobre fuentes de alimentación y fuentes conmutadas en la revista «Mundo Electrónico».

**Esteban Bosch Castañer,** EA3BD, Ingeniero Industrial Eléctrico. Otras especialidades: Electrónica y Telecomunicaciones.

En su experiencia profesional ha ocupado los siguientes cargos: Jefe del Laboratorio Eléctrico de la Compañía Hidroeléctrica de Cataluña; Jefe del Laboratorio de Semiconductores de la Compañía CRESA; encargado de servicios Técnicos de Radio Liberty, Centro Emisor de Onda Corta de la Compañía Norteamericana AMCOM-LIB; Product Manager de la Compañía COPRESA; Director Comercial de EDIESA y Director de la Delegación de Cataluña de la empresa IEP, S.A.

En la actualidad, es gerente de S.I.E.I.S.A., compañía propia de Import-Export.

Durante dos años ha sido Delegado Local de la U.R.E. en Barcelona, siete años Delegado Regional de la U.R.E. en Cataluña. Dos años Vicepresidente Nacional y dos años Presidente Nacional. Es hijo de uno de los pioneros de la Radioafición en España, D. José Bosch Cruset EAR-140 quien en 1923 era ya radioaficionado, y que también en su día fue Socio Fundador de la Agrupación Catalana de Radioaficionados y de la Unión de Radioaficionados Españoles.

**José M.ª Gené Llagostera,** EA3LL, Perito Industrial Eléctrico, inscrito en el registro de Técnicos de Radio y TV como Especialista de servicios técnicos.

32 años de radioaficionado activo. Coordinador para España de AMSAT (Radio Amateur Satellite Corporation). Ha sido Vicepresidente 2.º de la Unión de Radioaficionados Españoles y Vocal Nacional de Muy Altas Frecuencias. Botón de Plata de la URE; Premio Roldán 1980 a la mejor colaboración en la revista URE y ganador de numerosos Diplomas y medallas en concursos de V-UHF.

Ha intervenido como VHF manager en varias reuniones de la IARU región 1.ª Actualmente sus trabajos como radioaficionado se centran en el campo de las comunicaciones en VHF y UHF, principalmente por propagación Meteor Scatter, F.A.I. y Rebote Lunar.

**Julio Isa García,** cursó estudios de Arquitectura en la Escuela Superior de Barcelona, que no finalizó por dedicarse enteramente a la administración de una empresa inmobiliaria.

En 1970 obtuvo indicativo oficial de escucha y en 1975 el de radioaficionado (EA3AIR).

Su dedicación favorita, en el mundo de los radioaficionados, es el DX, especialmente en VHF, los concursos y la técnica electrónica.

Ha colaborado como redactor en la enciclopedia «Radioafición y CB» editada por Boixareu Editores, S.A.

**Ricardo Llauradó Olivella,** Perito Industrial especializado en electrónica. A lo largo de su vida profesional ha colaborado en las siguientes empresas:

Fabricación de cables en Aismalibar, Componentes electromecánicos en André Poulain, Instrumentos automáticos para la industria en Honeywell, Equipos Electrónicos de protección eléctrica y de investigación cientlfica en Meci Hispania.

Actualmente está a su cargo el laboratorio electrónico de Expocom, S.A. dedicado exclusivamente a telecomunicación profesional, y a radioaficionados. Es también radioaficionado desde hace 17 años, con el indicativo EA3PD, habiendo colaborado en diversas revistas de divulgación con diseños, montajes y experiencias.

**Jaime Planas Muns,** Perito Industrial Eléctrico, dedicado inicialmente a la promoción y comercialización de materiales eléctricos, después electrónicos y últimamente de sistemas basados en microprocesadores y sus aplicaciones en la industria, (Controladores programables), gestión (Microordenadores), y a la afición.

En el tema de la radioafición se inició a finales de la década de los cincuenta, con equipos en modulación de amplitud AM, con lo que consiguió la licencia de radioaficionado EA3NE. A principio de la década de los sesenta continúa la afición al montaje de equipos, y así consigue operar en 144 MHz, en AM, en un primer transmisor con la válvula 6j6. Continúan los montajes de tros equipos para (VHF), etc. Hasta llegar a finales de la década de los sesenta, principios de la del setenta, en que se impone la comunicación en banda lateral única (BLU o SSB), montándose asimismo el primer transceptor para BLU en 14 MHz. Durante todo este período es fácil adivinar que la construcción de equipos emisores y receptores estaba acompañada por otros montajes como conversores, lineales tanto en AF (HF) como en MAF (VHF), antenas, etc.

Animó al grupo de radioaficionados en Terrassa con la organización de diversas exposiciones en la Escuela de Telecomunicaciones situada en la ciudad mencionada, donde ejerció como Delegado Local de URE. Más tarde ejerce de Delegado de URE en la Provincia de Barcelona, tiempo en que se instituye el Premio Limón y Naranja, por parte de la Delegación de Granollers consiguiendo el Premio Naranja, y últimamente ejerce como Delegado Regional de URE en Catalunya.

**Josep M.ª Pons Segura.** Es aficionado a la escucha desde el año 1967; desde entonces el DXismo le ha dado muchas satisfacciones. También es radioaficionado, con el indicativo oficial EA3AIA.

Colabora activamente en la revista «TOTS», que es la publicación que edita la Delegación Local de la Unión de Radioaficionados Españoles (URE) en la población de Terrassa (Barcelona).

**José Puig Esnal,** EA3FR. Su inquietud por la Radioafición viene de cuando tenía 13 años, edad a la que monta ya su primera radio galena y compite radiofónicamente con su padre.

Ha diseñado y construido el primer repetidor de Radioaficionados de Cataluña, situándolo en el Montseny.

Sin ningún tipo de ayuda externa, consigue decodificar las señales provenientes de satélites meteorológicos, obteniendo en su propio domicilio fotografías diarias del mapa del tiempo.

Desde hace más de 25 años colabora como técnico en Philips Ibérica, S.A.E.

Ha dado numerosas conferencias sobre temas de Radioafición en distintos puntos de Cataluña. Como radioaficionado parte de un lema: «saber escuchar».

**Eugenio Rey Veiga** es Oficial Radio de la Marina Mercante de 1.ª clase por la Escuela Superior de la Marina Civil de Barcelona (promoción 1975). Tras tres años de ejercicio profesional en buques de Mavroleon Bros. Ltd., pasa a ser Redactor de Mundo Electrónico, cuyo puesto ocupa desde enero de 1977. Es miembro de INROC, AIPET y UIPRE.

**Lluís Solanes i Torm,** estudió Maestrla industrial en las Escuelas Profesionales Salesianas de Sarriá (Barcelona), graduándose posteriormente como Ingeniero Técnico Eléctrico (especialidad Electrónica) en la E.T.I.T.B.

Durante tres años fue profesor de prácticas de RTV en el Centro de Formación Profesional Verge de Montserrat de Barcelona. Posteriormente dio dos cursillos en el PPO, para formar técnicos de mantenimiento en Electrónica Industrial. Estuvo cinco años impartiendo simultáneamente clases teórico-prácticas en cursos acelerados para formar técnicos en reparación de RTV y Montador de Cuadros Eléctricos en el Centro de Rehabilitación de Accidentados de Trabajo de San Cugat (Barcelona).

Actualmente es profesor de Tecnología Electrónica y Laboratorio en FP2 en la Escuela Profesional La Salle Barceloneta (Barcelona) y colaborador-redactor en Boixareu Editores, S.A.

**OTROS TITULOS DE LA «SERIE: MUNDO ELECTRONICO»**

TRANSDUCTORES Y MEDIDORES ELECTRONICOS
288 páginas. 525 figuras. 21,5 × 28,5 cm.

MICROPROCESADORES Y MICROCOMPUTADORES
256 páginas. 322 figuras. 21,5 × 28,5 cm.

INTERCONEXION DE PERIFERICOS A MICROPROCESADORES
240 páginas. 281 figuras. 21,5 × 28,5 cm.

ELECTRONICA Y AUTOMATICA INDUSTRIALES (2 volúmenes)
668 páginas. 1.298 figuras. 21,5 × 28,5 cm.

MANUAL DE ALTA FIDELIDAD Y SONIDO PROFESIONAL
240 páginas. 377 figuras. 21,5 × 28,5 cm.

TELEINFORMATICA Y REDES DE COMPUTADORES
180 páginas. 176 figuras. 21,5 × 28,5 cm.

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
272 páginas. Ilustrado. 21,5 × 28,5 cm.

TELEVISION DIRECTA POR SATELITE
104 páginas. 86 figuras. 21,5 × 28,5 cm.