

PARTE III

Anexo Técnico

Algunos aspectos técnicos de las comunicaciones de socorro en situaciones de catástrofe

1 Introducción

En la Parte 1 de este Manual se presentan al lector las definiciones y las consideraciones de política global relativas a las comunicaciones de socorro en situaciones de catástrofe. Tras este examen general, se invitó al lector a considerar las directrices más específicas exigidas para explotar una red de telecomunicaciones de emergencia como figura en la Parte 2 concebida para el personal de operaciones.

Con el fin de mejorar el orden de las ideas que figuran en las Partes 1 y 2, las fórmulas y los detalles técnicos se refunden en la Parte 3. Ello permitió que las dos partes anteriores se redactaran en estilo narrativo. Además, la lectura del texto es más amena para los proyectistas y los responsables de formular políticas que precisan una visión de conjunto de problemas, soluciones y técnicas relacionadas con las telecomunicaciones de emergencia.

La Parte 3 se divide en las siguientes secciones:

- Selección de los medios técnicos adecuados para las telecomunicaciones de emergencia.
- Métodos de radiocomunicaciones.
- Antenas como parte esencial de cualquier estación radioeléctrica.
- Utilización de estaciones de radioenlaces (repetidores) y sistemas de concentración de enlaces.
- Fuentes de alimentación (incluidas las baterías).

Además, se dispone de una serie de referencias bibliográficas que permitirán al lector consultar una amplia gama de fuentes históricas. Se facilitará también información sobre las fuentes útiles de información adicional a partir de la cual es posible ampliar los temas que se plantean con más brevedad en el presente Manual.

En las conclusiones se adjunta un apéndice con distintos documentos útiles procedentes de diversas fuentes originales.

2 Selección de los medios técnicos adecuados para telecomunicaciones de emergencia

2.1 Sencillez frente a nuevos medios técnicos

En situaciones de catástrofe las formas de radiocomunicación más simples probadas por la experiencia suelen funcionar mejor. Entre ellas, cabe citar la telefonía en banda lateral única (BLU) y la telegrafía Morse en ondas decamétricas (B.dam) así como las señales vocales moduladas en frecuencia por ondas métricas (B.m) y decimétricas (B.dm).

El equipo se ha perfeccionado con el tiempo y su instalación, mantenimiento y funcionamiento es ampliamente conocido. Se dispone de versiones de equipos más resistentes destinados a atender las dificultades del transporte y del funcionamiento sobre el terreno.

No obstante, algunos sistemas más modernos presentan características que podrían facilitar las telecomunicaciones de emergencia. Entre ellos cabe citar: la telefonía móvil celular, los sistemas radioeléctricos digitales de despacho (de una flota de vehículos), los facsímiles, las comunicaciones de datos, la televisión y los satélites. Cada uno tiene ventajas e inconvenientes y se deben analizar cuidadosamente en el proceso de planificación.

Los nuevos medios técnicos tales como la telefonía móvil celular de tercera generación (IMT-2000), los equipos radioeléctricos especificados por soporte lógico (SDR) y los sistemas de banda ancha y multimedios, deben evaluarse en función de su capacidad para funcionar en condiciones de emergencia.

La formación del personal de radiocomunicaciones es un aspecto importante en la selección de los medios técnicos apropiados. Es inútil pensar en una capacidad de telegrafía Morse en ondas decamétricas sin operadores entrenados y con experiencia. La utilización de telefonía en banda lateral única (BLU) para evitar el adiestramiento de los operadores en el sistema Morse no es necesariamente una solución, salvo que éstos se capaciten en la instalación, mantenimiento y funcionamiento de una estación radioeléctrica de banda lateral única (BLU). La aparición de nuevos medios técnicos sin una oferta permanente de personal suficientemente capacitado en la planificación de sistemas, instalación, mantenimiento y funcionamiento, resultaría también inadecuada.

El sistema ideal de telecomunicaciones de emergencia es el que se utiliza diariamente y tiene la capacidad de funcionar en condiciones de catástrofe y otras circunstancias de emergencia. Otro sistema que presenta buenas características para estas situaciones es aquel cuya capacidad se utiliza periódicamente (semanal o mensualmente) en condiciones simuladas de emergencia.

2.2 Fiabilidad de la infraestructura

Las comunicaciones en ondas decamétricas, sea telefonía BLU o telegrafía Morse, no suelen precisar infraestructuras de retransmisión u otro tratamiento de la señal. Las comunicaciones suelen ser un enlace directo entre la estación de origen a la de destino. Cuando se trata de distancias mayores de 2 000 km, o cuando las condiciones de propagación son deficientes, las estaciones de base o las estaciones retransmisoras pueden utilizarse para facilitar la comunicación pero es posible que no sea necesario.

2.3 Consideraciones de transporte y movilidad

Las nuevas realizaciones técnicas incluyen sistemas de telecomunicaciones como estaciones terrenas portátiles de satélite, estaciones de base de telefonía celular móvil y portátil y estaciones de

base y a distancia de vídeo para telemedicina. En algunas circunstancias convendría utilizar estos nuevos medios técnicos en zonas de catástrofe. Sin embargo, antes de utilizar dichos sistemas debería tenerse en cuenta el transporte y la movilidad. Por ejemplo, una estación terrena de satélite que se ha de instalar en plataformas podría requerir la utilización de un equipo de tratamiento especial para la carga y descarga de un avión. Este tratamiento podría estar disponible en el lugar de origen pero no necesariamente en el lugar de desembarco.

Además, una vez que el sistema de comunicaciones se descarga en el aeropuerto disponible más cercano, el transporte de tierra necesitará llevarlo a la zona de catástrofe. Los camiones y el equipo de carga suelen funcionar plenamente en el lugar de la catástrofe y podrían no estar disponibles en un aeropuerto.

Un tercer factor que hay que tener en cuenta es la situación de las carreteras que se dirigen al lugar de la catástrofe. En muchos casos, es posible que el equipo de comunicaciones no se pueda trasladar a una zona en la que se necesita debido a la presencia de obstáculos.

2.4 Interfuncionamiento

Es importante tener en cuenta la capacidad de comunicación con las organizaciones locales de protección pública tales como: policía, bomberos y servicios médicos, así como el ejército local, las organizaciones de ayuda internacional en situaciones de catástrofe y los países vecinos.

Pueden producirse circunstancias en las que una estación podría comunicarse con otra estación en la zona de catástrofe. Esta característica trasciende de la estructura formal y permite establecer comunicaciones específicas al destinatario concreto sin que se produzcan retrasos y sin que exista la posibilidad de interpretaciones erróneas por parte de los intermediarios. Desafortunadamente, en otras circunstancias se necesitan canales separados para los distintos grupos de estaciones y resultaría difícil por no decir poco práctico para todos permanecer en un solo canal.

2.5 Comparación de sistemas de satélites para telecomunicaciones de emergencia

2.5.1 Satélites en órbita terrestre baja

Es posible que los satélites en órbita terrestre baja (LEO) se utilicen para retransmitir señales radioeléctricas más allá de la línea de visibilidad directa. Dependiendo de la altitud, un solo satélite LEO podría utilizarse para retransmitir señales en trayectos por encima de unos 5 000 km cuando las dos estaciones terrenas son visibles desde el satélite. Dicha visibilidad sólo dura unos minutos en distancias tan grandes. Las estaciones más cercanas pueden tener visibilidad mutua desde el satélite durante periodos más largos, quizás más de 20 minutos en un paso favorable. Debido a sus órbitas, un solo satélite en órbita terrestre baja tiene el inconveniente de poder comunicarse en tiempo real sólo pocas veces por día.

Las constelaciones de LEO pueden utilizarse para una retransmisión continua en tiempo real. Ello requiere un número suficiente de satélites para garantizar que al menos uno permanece continuamente visible en un punto de la Tierra. Además, se debe contar con un método de interconexión de redes de satélites sea por medio de enlaces entre satélites (satélite a satélite) o por medio de estaciones terrenas situadas en todo el mundo.

2.5.2.1 INMARSAT frente a VSAT y USAT

Los sistemas de terminales portátiles situados en tierra que utilizan satélites de INMARSAT o la red de satélites de terminales semifijos de muy pequeña abertura (VSAT) disponen de un teléfono común y servicios de datos, que comprenden comunicaciones de señales vocales, facsímil y correo electrónico. Cualquier dispositivo que funciona con un dispositivo de telefonía común puede utilizarse con estos sistemas de satélites. Además de los servicios mencionados anteriormente,

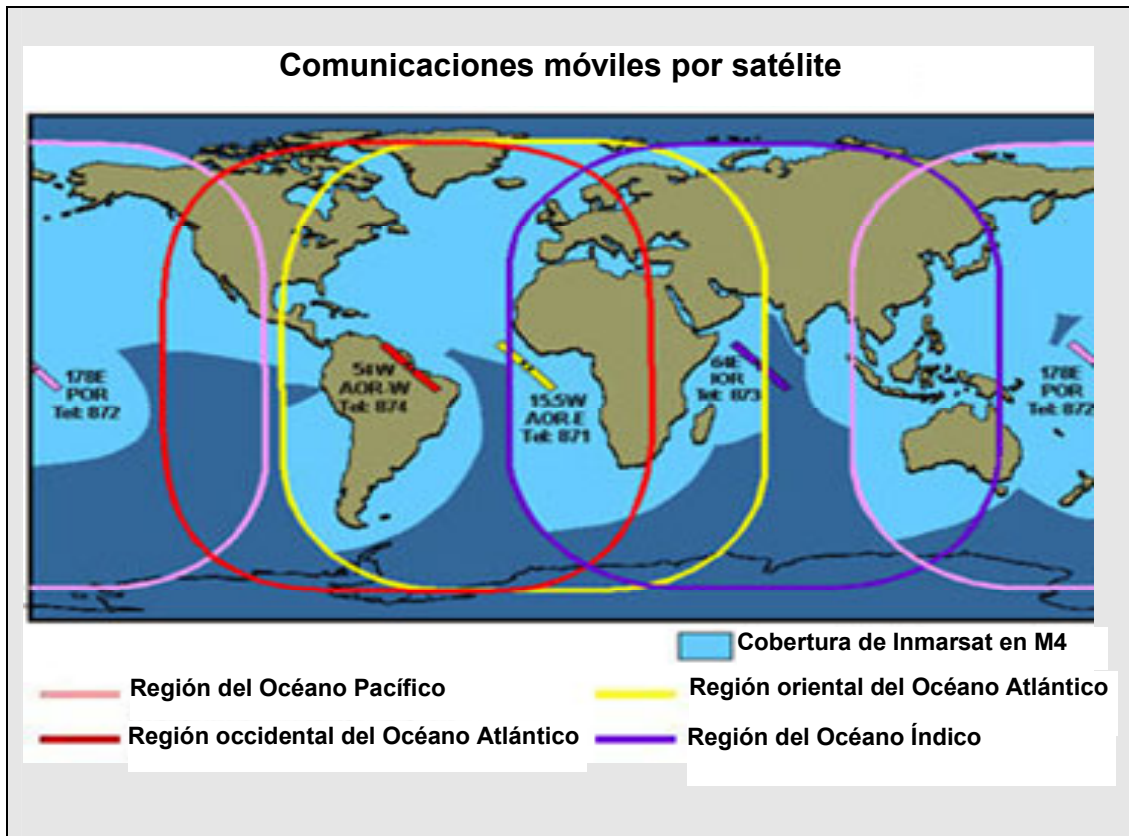
algunas terminales de satélites proporcionan transmisión de fotografías digitales o conferencia vídeo en directo.

La elección entre la utilización del sistema INMARSAT o la red VSAT depende de los requisitos particulares de las telecomunicaciones para el sistema. Muchos factores variables influenciarán en la elección de un sistema u otro: costo, movilidad y necesidad de utilizar volumen alto. Además, la capacidad del sistema para apoyar varios modos de comunicación, entre ellos: la señal vocal de calidad normalizada, los datos de ordenador, (conexiones interconectadas o independientes por correo electrónico), facsímil, mensajes de texto únicamente y videoconferencia.

Inmarsat proporciona capacidades de comunicaciones por satélite móviles mundiales con varias ventajas a la hora de soportar las tareas preparativas para hacer frente a situaciones de catástrofe y operaciones de socorro. Los terminales Inmarsat son autosuficientes y pueden ser operativos en el plazo de 5-10 minutos tras llegar a la zona de catástrofe. Son independientes de las infraestructuras de telecomunicaciones locales y pueden funcionar con fuentes de alimentación de baterías o generador. Los sistemas Inmarsat pueden configurarse para proporcionar comunicaciones entre dos equipos de socorro independientes que trabajan en la misma localidad o para proporcionar enlaces directos a organismos de ayuda en caso de catástrofe y suministradores de material a nivel mundial. Un detalle importante es que el equipo de Inmarsat es muy fácil de operar y puede ser montado y manejado por personal sin cualificar siguiendo las instrucciones que vienen con las unidades. Los equipos son compactos y livianos y algunos modelos se pueden transportar a mano.

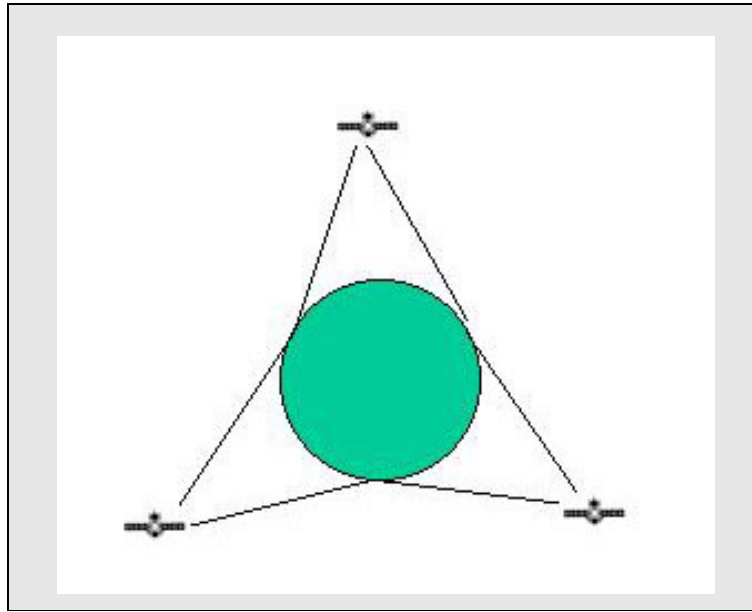
La constelación de satélites primarios de Inmarsat consiste en cuatro satélites Inmarsat I-3 situados en la órbita de los satélites geoestacionarios. Puede instalarse un quinto vehículo espacial para proporcionar capacidad de soporte adicional a la existente hasta ahora. Los haces "globales" principales de los satélites proporcionan una cobertura con superposición de toda la superficie de la Tierra salvo las zonas polares. Por consiguiente, con la cobertura ofrecida por Inmarsat ha sido posible ampliar el alcance de las redes alámbricas y celulares terrenales a casi cualquier punto situado sobre la superficie de nuestro planeta.

Figura 2 – Comunicaciones móviles por satélite



Un satélite geoestacionario sigue una órbita circular situada en el plano del Ecuador a una altura de 35 600 km, de manera que parece que se mantiene inmóvil sobre un punto concreto situado sobre la superficie de la Tierra. Tres de estos satélites son suficientes para cubrir la mayoría de la superficie del globo y los usuarios móviles raramente tienen que conmutar de un satélite a otro. Otros sistemas móviles por satélite utilizan un mayor número de satélites en órbitas más bajas no geoestacionarias. Desde el punto de vista del usuario, se desplazan a través del cielo a una velocidad relativamente elevada y ello exige que a menudo haya que conmutar de un satélite a otro en medio de la comunicación, lo que aumenta el riesgo de que se interrumpa la llamada.

Figura 3 – Tres satélites geoestacionarios pueden cubrir toda la Tierra



Los satélites se controlan desde el Centro de Control de Satélites (SCC) situado en la sede central de Inmarsat en Londres. Los equipos de control son responsables del mantenimiento en posición de los satélites por encima del Ecuador y de asegurar que los sistemas a bordo del vehículo espacial están plenamente operativos en cualquier instante.

Los datos sobre el estado de los nueve satélites de Inmarsat llegan al SCC a través de cuatro estaciones de seguimiento, telemetría y control (TTC) situadas en Fuchino, Italia; Pekín, China; Lake Cowichan, Canadá occidental; y Pennant Point, Canadá oriental. También hay una estación de reserva situada en Eik, Noruega.

Una llamada procedente de un terminal móvil de Inmarsat se dirige directamente hacia el satélite más cercano que la reencamina a una estación de cabecera situada en la superficie denominada estación terrena terrestre (ETT). Desde ahí la llamada pasa a la red telefónica pública.

Los satélites Inmarsat I-3 están soportados por cuatro satélites Inmarsat-2, de la generación anterior, también geoestacionarios.

Una ventaja fundamental de los satélites Inmarsat I-3 sobre sus predecesores es su capacidad de generar un cierto número de haces puntuales así como un gran haz global único. Los haces puntuales concentran potencia adicional en zonas de alta demanda y hacen posible que se pueda proporcionar servicios convencionales a terminales más pequeños y sencillos.

Inmarsat I-2 – Objetivo de los cuatro satélites

Lanzados a principios de los 90 los cuatro satélites de segunda generación fueron construidos con las especificaciones de Inmarsat por un grupo internacional encabezado por British Aerospace (actualmente sistemas BAE).

Los satélites I-2 con estabilización triaxial fueron diseñados para una vida útil de 10 años. Inmarsat-2 F1 fue lanzado en 1990 y está situado actualmente sobre el Océano Pacífico, proporcionando una capacidad arrendada. El F2, lanzado en 1991, se encuentra sobre el Atlántico occidental y proporciona una capacidad arrendada actuando, además, como satélite de reserva de Inmarsat I-3 F4. El F3 se puso en órbita también en 1991 y se encuentra sobre el Océano Pacífico

proporcionando igualmente una capacidad arrendada y sirviendo de reserva a Inmarsat I-3 F3. El cuarto satélite Inmarsat-2 fue lanzado en 1992 y se utilizó para proporcionar capacidad arrendada sobre el Océano Índico y servir de reserva a los satélites Inmarsat I-3 F1 e Inmarsat I-3 F3.

Inmarsat-3: Una historia de haces puntuales

Lanzado en 1996-8, los satélites Inmarsat I-3 fueron construidos por Lockheed Martin Astro Space (actualmente Lockheed Martin Missiles & Space) de Estados Unidos de América, responsable del vehículo espacial básico, y European Matra Marconi Space (actualmente Astrium), que diseñó la carga útil de comunicaciones.

La carga útil de comunicaciones del sistema Inmarsat I-3 puede generar un haz mundial y un máximo de siete haces puntuales que se orientan de la manera necesaria para proporcionar una capacidad adicional de comunicaciones disponible en zonas donde la demanda de los usuarios es elevada.

Inmarsat I-3 F1 fue lanzado en 1996 para cubrir la Región del Océano Índico. En los dos años siguientes entró en servicio F2 sobre la Región Oriental del Océano Atlántico, seguido de F3 (Región del Océano Pacífico), F4 (Región Occidental del Océano Atlántico) y F5 (servicios limitados con un solo haz puntual, sistema de reserva y capacidad arrendada).

Inmarsat I-4: Pasarela a la banda ancha

Respondiendo a la creciente demanda de los usuarios empresariales de los servicios móviles por satélite para acceso a Internet a alta velocidad y conectividad multimedios, Inmarsat ha construido su cuarta generación de satélites.

La empresa concedió al fabricante europeo de vehículos espaciales Astrium el contrato para construir los tres satélites del sistema Inmarsat I-4. Astrium es una empresa europea que incluye la antigua Matra Marconi Space, que construyó los satélites de Inmarsat I-2 y la carga útil para los satélites Inmarsat I-3.

El cometido de los satélites será soportar la nueva red de área mundial de banda ancha (BGAN) que actualmente tiene previsto entrar en servicio en 2005 ofreciendo contenido y soluciones Internet e Intranet, vídeo por demanda, videoconferencia, facsímil, correo electrónico, telefonía y acceso LAN a velocidades de hasta 432 kbit/s a casi cualquier parte del mundo. BGAN también será compatible con los sistemas celulares de tercera generación (3G).

Los satélites, que serán los satélites de comunicaciones comerciales más grandes del mundo, serán 100 veces más poderosos que la actual generación y BGAN proporcionará al menos una capacidad de comunicaciones 10 veces superior a la que ofrece la actual red de Inmarsat.

El vehículo espacial será construido en su mayor parte en el Reino Unido. El bus será ensamblado en la factoría que tiene Astrium en Stevenage y la carga útil en Portsmouth. En Toulouse, Francia, se acoplarán las dos secciones, así como la antena construida en Estados Unidos de América y los paneles solares fabricados en Alemania.

Los servicios de comunicaciones y seguridad marítimos de Inmarsat contribuirán significativamente a la seguridad y a la gestión eficaz de los barcos que naveguen por los océanos, ya sean de la marina mercante, barcos pesqueros o embarcaciones de recreo.

Servicios Fleet

Los satélites Fleet F77, F55 y F33 proporcionan servicios vocales móviles de alta calidad y de comunicaciones de datos flexibles, correo electrónico y acceso seguro a Internet para la industria marítima.

Fleet F77

Inmarsat Fleet F77 es un sucesor del servicio prestado por Inmarsat B para buques que navegan en alta mar. Además de los servicios vocales y facsímil, Fleet F77 proporciona RDSI móvil y el servicio móvil de datos por paquetes (MPDS).

El canal RDSI a 128 kbit/s permite transferir grandes volúmenes de datos de una manera económica y realizar diagnósticos a distancia.

MPDS soporta una conectividad permanente con el puente de mando así como una plena funcionalidad integrada al protocolo Internet (IP). A los operadores se les factura el volumen transferido y no el tiempo que han estado en línea, lo que hace que sea un servicio económico para una amplia gama de aplicaciones. Los oficiales y la tripulación pueden acceder a Internet y navegar por la web obteniendo servicios educativos, de ocio e informativos.

Inmarsat Fleet F77 también satisface los últimos requisitos de comunicaciones de socorro y seguridad especificados por la Organización Marítima Internacional (OMI) en la Resolución A.888 relativa a la precedencia y prioridad de mensajes vocales en el Servicio Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM).

Aplicaciones: transferencia de datos; Internet; acceso a LAN y redes privadas; correo electrónico; facsímil; mensajería instantánea; SMS; servicios vocales; llamadas particulares; cifrado; videoconferencia; vídeo con almacenamiento y retransmisión; supervisión a distancia; actualización de gráficos y meteorológica; telemedicina; SMSSM.

Fleet F55

Fleet F55 utiliza una antena de tamaño medio para barcos más pequeños y ofrece las capacidades de RDSI móvil y MPDS a 64 kbit/s en las zonas de haz puntual más el servicio de voz global. A los barcos más pequeños, como los arrastreros y los yates, no se les exige satisfacer las regulaciones de la OMI y, por consiguiente, Fleet F55 y F33 no incluyen una componente del SMSSM.

Aplicaciones: transferencia de datos; Internet; acceso a LAN y redes privadas; correo electrónico; facsímil; mensajería instantánea; SMS; servicios vocales; llamadas particulares; cifrado; videoconferencia; vídeo con almacenamiento y retransmisión; supervisión a distancia; actualización de gráficos y meteorológica; telemedicina.

Fleet F33

F33 ofrece telefonía global así como servicio móvil de datos por paquetes (MPDS) y los servicios de datos y facsímil mejorados a 9,6 kbit/s en los haces puntuales de Inmarsat, proporcionando una amplia gama de aplicaciones en el mercado de barcos pequeños.

Aplicaciones: transferencia de datos; Internet; acceso a LAN y redes privadas; correo electrónico; facsímil; mensajería instantánea; SMS; servicios vocales; llamadas particulares; cifrado; vídeo con almacenamiento y retransmisión; supervisión a distancia; actualización de gráficos y meteorológica; telemedicina.

Inmarsat mini-M

Inmarsat mini-M proporciona servicios vocales y de datos a 2,4 kbit/s (ó 9,6 kbit/s utilizando compresión) en los haces puntuales Inmarsat. Propone la solución ideal para llamadas particulares cuando se conecta un teléfono de pago o una extensión para la tripulación.

Aplicaciones: transferencia de datos; correo electrónico; facsímil; servicios vocales; llamadas particulares; cifrado; telemedicina.

Inmarsat C

Se trata de un servicio de paquetes de datos bidireccional cursado a través de terminales ligeros y económicos lo suficientemente pequeños como para que pueda llevarlos cualquier barco. Su utilización ha sido aprobada para el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM) y proporciona siete de las funciones fundamentales de este sistema. Inmarsat C es ideal para distribuir información a la flota de barcos comerciales y recopilar información procedente de la misma. También satisface los requisitos de los Sistemas de Alerta de Seguridad en los Barcos (SSAS).

Aplicaciones: transferencia de datos; correo electrónico; SMS; llamadas particulares; télex; supervisión a distancia; seguimiento; actualización de gráficos y meteorológica; información sobre seguridad marítima (MSI); seguridad marítima; SMSSM; y servicios SafetyNET y FleetNET.

Inmarsat mini-C

Inmarsat mini-C ofrece las mismas funciones primarias que Inmarsat C a través de un terminal de menor potencia y más económico. También es compatible con el SMSSM y satisface los requisitos de los Sistemas de Alerta de Seguridad en los Barcos (SSAS).

Aplicaciones: transferencia de datos; correo electrónico; SMS; supervisión a distancia; seguimiento; seguridad marítima.

Inmarsat D+

Se trata de un servicio de comunicaciones de datos bidireccional prestado por equipos del tamaño de un reproductor de CD personal. Con un GPS integral, Inmarsat D+ puede utilizarse para vigilancia a distancia, seguimiento de flota y difusión de información a cortas distancias. Satisface los requisitos de los Sistemas de Alerta de Seguridad de Barcos (SSAS).

Aplicaciones: transferencia de datos; supervisión a distancia; seguimiento.

Inmarsat E/E+

La radiobaliza de localización de siniestros (RBL) Inmarsat E es un elemento fundamental del SMSSM. Las alertas de socorro se transmiten desde la RBL cuando la unidad flota una vez que se ha separado de un barco hundido, o cuando se activa manualmente, y se retransmiten de manera automática al Centro de Coordinación de Rescate Marítimo. Inmarsat E+ añade un canal de retorno clave a la RBL que envía una confirmación al navegante en el sentido de que su alerta ha sido recibida.

Aplicaciones: SMSSM.

Inmarsat A

El sistema Inmarsat A proporciona una conexión telefónica de marcación directa bidireccional, incluidas comunicaciones vocales de alta calidad, facsímil, télex, correo electrónico y datos, dirigidas a, y procedentes de, cualquier parte del mundo con excepción de los polos. También proporciona las capacidades de comunicaciones de socorro. Se basa en tecnología analógica y soporta velocidades de datos comprendidas entre 9,6 kbit/s y 64 kbit/s dependiendo de los diferentes elementos de la conexión de extremo a extremo.

Aplicaciones: Voz; facsímil; télex; correo electrónico; datos; SMSSM.

Inmarsat B

Este sistema sigue siendo el servicio fundamental para la industria marítima. Soporta servicios vocales, de datos a velocidades entre 9,6 kbit/s y 64 kbit/s, télex y facsímil, además de telefonía y servicios de socorro y seguridad.

Aplicaciones: transferencia de datos; Internet; acceso a LAN y redes privadas; correo electrónico; facsímil; SMS; servicios vocales; llamadas particulares; cifrado; videoconferencia; almacenamiento y retransmisión de vídeo; supervisión a distancia; actualización de mapas y meteorológica; telemedicina; SMSSM.

Inmarsat M

Proporciona servicios vocales y de datos a 2,4 kbit/s mundiales con antenas de tamaño medio.

Aplicaciones: transferencia de datos; facsímil; servicios vocales.

Los servicios de los satélites Inmarsat están disponibles en todo el mundo a través de una red de unos 100 proveedores de servicio. Algunos de ellos también explotan estaciones terrenas terrestres de Inmarsat. Existen aproximadamente 40 de estas estaciones en 31 países. Dichas estaciones reciben y transmiten comunicaciones a través de los satélites Inmarsat y proporcionan la conexión entre el sistema de satélites y las redes de comunicaciones fijas.

2.5.2.2 VSAT

Los terminales de muy pequeña abertura (VSAT, *very small aperture terminal*) constituyen una técnica de comunicaciones por satélite que utiliza antenas terrenas pequeñas, por lo general de 0,9 y 1,8 metros de diámetro, para señales vocales, datos, audio, vídeo, multimedios y transmisión de servicios de banda ancha fiables. Los servicios VSAT constituyen una red compuesta de una serie de puntos remotos conectados a un centro de control manual que, a su vez, se conecta a través del espacio con un centro de datos o procesador central: la estación central y un gran número de emplazamientos distribuidos geográficamente. Una de las diversas aplicaciones de esta técnica es Internet por satélite.

Las redes de comunicación VSAT se componen de un segmento espacial y un segmento terrestre. El segmento espacial se compone de un satélite geostacionario que amplifica y cambia frecuencias. El componente terrestre está compuesto de una estación central (*hub*) y de estaciones remotas VSAT. Las redes VSAT pueden configurarse en forma de estrella o malla en base al flujo normal de comunicaciones a través de la estación central o pueden enviarse directamente entre las estaciones VSAT (sin necesidad de un doble salto).

Los cambios en la tecnología han llevado a una reducción del tamaño de la antena y han disminuido el coste y el tamaño de los equipos electrónicos, aumentado las anchuras de bandas y permitido mejores capacidades de administración.

Cuando el requisito de comunicación consiste en proporcionar un enlace a larga distancia entre dos o más nodos de una red fija, un usuario podría seleccionar VSAT para esa anchura de banda garantizada a tiempo completo. Por ejemplo, algunos proveedores del servicio Internet en Sudamérica y África conectan su enrutador al Internet principal mediante un enlace de alta velocidad a tiempo completo VSAT.

VSAT puede proporcionar una sola plataforma de comunicaciones capaz de ofrecer servicios a un país o región en su totalidad. En el caso de aplicaciones semipermanentes o permanentes con un gran volumen de tráfico, probablemente VSAT sea la mejor opción para el servicio de telecomunicaciones.

En el caso de terminales VSAT, el tiempo fijado varía de 30 minutos a 3 horas según la complejidad del sistema.

2.5.2.3 Redes USAT

La difusión de redes VSAT en el servicio fijo por satélite (SFS) con estaciones terrenas de antenas pequeñas en emplazamientos distantes, tales como las terrazas de los edificios de oficinas, los hoteles, los centros comerciales y otros emplazamientos útiles, ha estimulado la creación de antenas que son todavía más pequeñas que las VSAT y que suelen tener una abertura real inferior a 1 m. Por lo general, se denominan terminales de abertura ultra pequeña (USAT, *ultra small aperture terminals*). La discriminación de la antena se deteriora de manera natural a medida que disminuye su tamaño.

El servicio de satélites proporciona banda ancha y acceso directo a la estructura básica de Internet para recepción y/o recepción-transmisión de la información a través de Internet. Se utilizan conexiones punto a multipunto que emplean técnicas de retransmisión de trama de alta velocidad, así como conexiones de satélite normalizadas de un solo canal por portadora (SCPC), o bien se pueden utilizar los dos sistemas con fines de redundancia.

3 Métodos de radiocomunicaciones

3.1 Frecuencias

Las frecuencias radioeléctricas deben seleccionarse de acuerdo con los requisitos de propagación, atribución al servicio para el que se utilizan y en conformidad con el reglamento de concesión de licencias del país en el que funciona la estación.

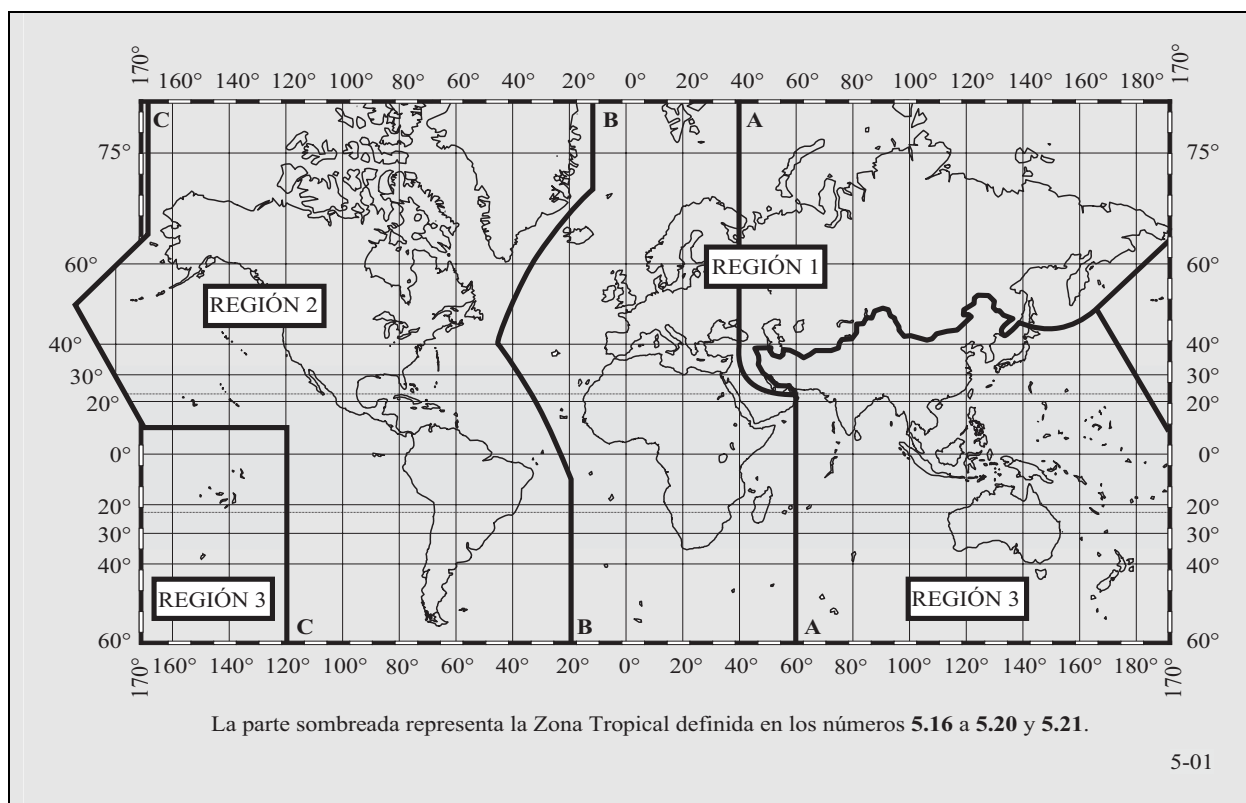
Ejemplo 1: Una estación de aficionado con licencia para funcionar en el país puede utilizar una frecuencia de 7 050 kHz para comunicarse por ondas ionosféricas con una estación situada a 300 km, puesto que esta frecuencia está comprendida dentro de la atribución al servicio de aficionados de 7 MHz.

Ejemplo 2: Una estación móvil terrestre autorizada para funcionar en un país y asignada a una frecuencia de operación de 151,25 MHz podría utilizar esta frecuencia para comunicarse hasta unos 60 km aproximadamente con otras estaciones autorizadas.

3.1.1 Atribución internacional de frecuencias

El espectro de frecuencias radioeléctricas se divide en bandas de frecuencias que fueron determinadas en conferencias internacionales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Estas bandas se atribuyen a servicios radioeléctricos específicos y se enumeran en el artículo 5 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. Algunas bandas se atribuyen a los mismos servicios a nivel mundial, mientras que otras se atribuyen a distintos servicios a nivel regional. En el siguiente mapa se muestran las tres regiones geográficas definidas por la UIT.

Figura 4 – Regiones geográficas definidas por la UIT



En el cuadro 1 aparece un cuadro simplificado de frecuencias atribuidas a los servicios de aficionados, fijos y móviles.

Cuadro 1 – Atribución a los servicios de aficionados, fijos y móviles (simplificado, notas omitidas)

Región 1	Región 2	Región 3
1 810-1 850 AFICIONADO	1 800-1 850 AFICIONADO	1 800-2 000 AFICIONADO FIJO
1 850-2 000 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico	1 850-2 000 AFICIONADO FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico	MÓVIL excepto móvil aeronáutico
2 000-2 045 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	2 000-2 065 FIJO MÓVIL	
2 045-2 160 FIJO MÓVIL	2 107-2 170 FIJO MÓVIL	
2 194-2 300 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	2 194-2 300 FIJO MÓVIL	
2 502-2 625 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	2 505-2 850 FIJO MÓVIL	
2 650-2 850 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)		

Cuadro 1 – Atribución a los servicios de aficionados, fijos y móviles (simplificado, notas omitidas) (continuación)

Región 1	Región 2	Región 3
3 155-3 400	FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	
3 500-3 800 AFICIONADO FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico	3 500-3 750 AFICIONADO	3 500-3 900 AFICIONADO FIJO MÓVIL
3 800-3 900 FIJO MÓVIL TERRESTRE	3 750-4 000 AFICIONADO FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	
3 950-4 000 FIJO		
4 000-4 063	FIJO	
4 438-4 650 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)		4 438-4 650 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico
4 750-4 850 FIJO MÓVIL TERRESTRE	4 750-4 850 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	4 750-4 850 FIJO Móvil terrestre
4 850-4 995	FIJO MÓVIL TERRESTRE	
5 005-5 060	FIJO	
5 060-5 450	FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico	
5 450-5 480 FIJO MÓVIL TERRESTRE		5 450-5 480 FIJO MÓVIL TERRESTRE
5 730-5 900 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	5 730-5 900 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	5 730-5 900 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)
6 765-7 000	FIJO Móvil terrestre	
7 000-7 100	AFICIONADO AFICIONADO-SATÉLITE	
	7 100-7 300 AFICIONADO	
7 350-8 100	FIJO Móvil terrestre	
8 100-8 195	FIJO	
9 040-9 400	FIJO	
9 900-9 995	FIJO	
10 100-10 150	FIJO Aficionado	
10 150-11 175	FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	
11 400-11 600	FIJO	
12 100-12 230	FIJO	
13 360-13 410	FIJO	
13 410-13 570	FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	
13 870-14 000	FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	
14 000-14 250	AFICIONADO AFICIONADO-SATÉLITE	
14 250-14 350	AFICIONADO	
14 350-14 990	FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	
15 800-16 360	FIJO	
17 410-17 480	FIJO	
18 030-18 068	FIJO	
18 068-18 168	AFICIONADO AFICIONADO-SATÉLITE	
18 168-18 780	FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico	
19 020-19 680	FIJO	
19 800-19 990	FIJO	
20 010-21 000	FIJO Móvil	
21 000-21 450	AFICIONADO AFICIONADO-SATÉLITE	
21 850-21 924	FIJO	

Cuadro 1 – Atribución a los servicios de aficionados, fijos y móviles (simplificado, notas omitidas) (fin)

22 855-23 000	FIJO	
23 000-23 200	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)
23 200-23 350	FIJO	
23 350-24 000	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico
24 000-24 890	FIJO	MÓVIL TERRESTRE
24 890-24 990	AFICIONADO	AFICIONADO-SATÉLITE
25 010-25 070	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico
25 210-25 550	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico
26 175-27 500	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico
27,5-28	FIJO	MÓVIL
28-29,7	AFICIONADO	AFICIONADO-SATÉLITE
29,7-47	FIJO	MÓVIL
	47-50 FIJO	MÓVIL
	47-50 FIJO	MÓVIL
	50-54 AFICIONADO	
	54-68 Fijo	Móvil
	54-68 FIJO	MÓVIL
68-74,8 FIJO	68-72 Fijo	Móvil
MÓVIL excepto móvil aeronáutico	72-73 FIJO	MÓVIL
	74,6-74,8 FIJO	MÓVIL
75,2-87,5 FIJO	75,2-75,4 FIJO	MÓVIL
MÓVIL excepto móvil aeronáutico	75,4-76 FIJO	MÓVIL
	76-88 Fijo	Móvil
	75,4-87 FIJO	MÓVIL
	87-100 FIJO	MÓVIL
137-138	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)
	138-144 FIJO	MÓVIL
	138-144 FIJO	MÓVIL
144-146	AFICIONADO	AFICIONADO-SATÉLITE
146-148 FIJO	146-148 AFICIONADO	146-148 AFICIONADO
MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)		FIJO MÓVIL
148-149,9 FIJO	148-149,9 FIJO	MÓVIL
MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)		
150,05-174 FIJO	150,05-174 FIJO	MÓVIL
MÓVIL excepto móvil aeronáutico		
	174-216 Fijo	Móvil
	174-223 FIJO	MÓVIL
	216-220 FIJO	
	220-225 AFICIONADO	
223-230 FIJO	FIJO	MÓVIL
	223-230 FIJO	MÓVIL
401-406	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico
406,1-430	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico
430-440 AFICIONADO	430-440 Aficionado	
440-450	FIJO	MÓVIL excepto móvil aeronáutico
450-470	FIJO	MÓVIL

3.1.2 Atribución nacional de frecuencias

Los Cuadros de atribución de bandas de frecuencias de la mayoría de los países siguen de cerca el Cuadro internacional de atribución de bandas de frecuencias que figura en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Es necesario informarse de las excepciones y cumplir con el reglamento de radiocomunicaciones nacional en lo que respecta a las frecuencias y a su utilización.

3.1.3 Asignaciones de frecuencias

Las administraciones nacionales realizan asignaciones de frecuencias radioeléctricas específicas a estaciones de radio. Éste es el caso de los servicios fijos y móviles. Las estaciones de aficionados no suelen tener asignaciones de frecuencias y pueden seleccionar una frecuencia de emisión específica dinámicamente dentro de una banda atribuida.

En algunos casos, las administraciones pueden asignar frecuencias a servicios no atribuidos en el Cuadro internacional de atribución de bandas de frecuencias siempre que no causen interferencias. Ello se contempla en los siguientes números del Reglamento de Radiocomunicaciones:

- **4.4** Las administraciones de los Estados Miembros no asignarán a una estación frecuencia alguna que no se ajuste al Cuadro de atribución de bandas de frecuencias incluido en este capítulo o a las demás disposiciones del presente Reglamento, excepto en el caso de que tal estación, al utilizar dicha asignación de frecuencia, no produzca interferencia perjudicial a una estación que funcione de acuerdo con las disposiciones de la Constitución, del Convenio y del presente Reglamento ni reclame protección contra la interferencia perjudicial causada por dicha estación.

En situaciones de emergencia, las administraciones pueden utilizar la siguiente disposición del Reglamento de Radiocomunicaciones:

- **4.9** Ninguna disposición de este Reglamento podrá impedir a una estación que se encuentre en peligro o a una estación que la asista, la utilización de todos los medios de radiocomunicación de que disponga para llamar la atención, señalar el estado y la posición de la estación en peligro y obtener auxilio o prestar asistencia.

Las estaciones de los servicios fijos y móviles que tienen misiones de comunicaciones de emergencia deberían tener un conjunto de frecuencias para seleccionar de acuerdo con las condiciones de propagación de los trayectos específicos.

3.2 Propagación

Las señales radioeléctricas son ondas electromagnéticas que se desplazan a través de la atmósfera de la Tierra y se dirigen al espacio. Estas ondas se propagan por medio de mecanismos diferentes, tales como onda de superficie, onda directa o espacial (línea de visibilidad directa), difracción (propagación en filo de cuchillo), refracción ionosférica (onda ionosférica), refracción troposférica y conducto troposférico. La propagación ionosférica varía en función de la hora del día, la estación del año, la actividad solar (número de manchas solares), la longitud del trayecto y el emplazamiento de los transmisores y receptores. La propagación troposférica está relacionada en cierto modo con las condiciones meteorológicas.

La Recomendación UIT-R P.1144, "Guía para los métodos de propagación" de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones, podría utilizarse para determinar los métodos de propagación que deberían utilizarse para las distintas aplicaciones. El UIT-R pone también a disposición programas informáticos.

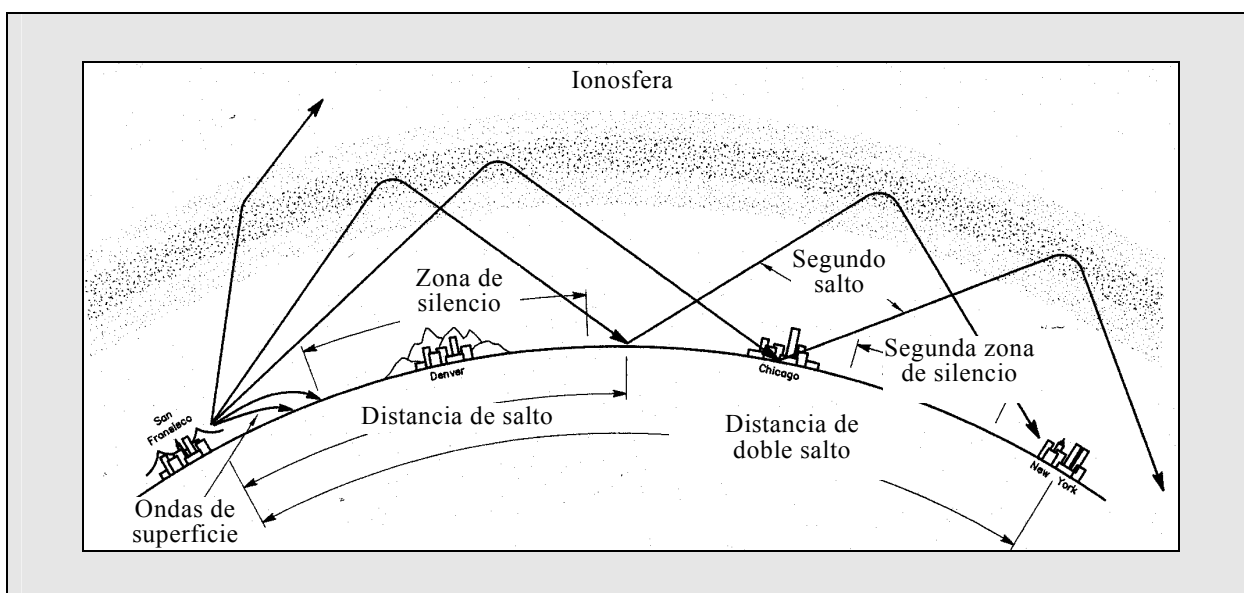
3.2.1 Onda de superficie

Las ondas de superficie son aquellas que son afectadas por la baja atmósfera de la Tierra. Las distancias de recepción dependen de la potencia del transmisor, la eficacia de la antena, la conductividad del suelo y los niveles de ruido atmosférico. En la Recomendación UIT-R P.368 aparecen las curvas de propagación de las ondas de superficie para frecuencias entre 10 kHz y 30 MHz. En el caso de comunicaciones de emergencia prácticas, las ondas de superficie sólo sirven en ondas decamétricas inferiores (alrededor de 3 MHz) y para distancias relativamente cortas de algunos kilómetros.

3.2.2 Propagación de las ondas ionosféricas

Las ondas ionosféricas utilizan la ionosfera de la Tierra para reflejar la señal. La ionosfera está compuesta de varias capas que se identifican por letras del alfabeto. La *capa D* se encuentra entre 60 y 92 km aproximadamente por encima de la Tierra. La *capa E* se encuentra entre 100 y 115 km aproximadamente por encima de la Tierra. La *capa D* se utiliza para una propagación de la onda ionosférica de frecuencias medias. Las *capas D* y *E* absorben señales en frecuencias de la parte inferior de la banda de ondas decamétricas de unos 3 MHz. La *capa F* (aproximadamente de 160 a 500 km) se divide en dos capas, F_1 y F_2 , y puede soportar frecuencias por encima de toda la banda de ondas decamétricas a largas distancias. Las frecuencias y las distancias varían de acuerdo con el trayecto específico, la hora del día, la estación del año y la actividad solar. Se puede pronosticar la propagación de las ondas ionosféricas en la gama de frecuencias entre 2-30 MHz utilizando la Recomendación UIT-R P.533.

Figura 5 – Ilustración del comportamiento de las señales radioeléctricas de alta frecuencia en la ionosfera. Las frecuencias por encima de la frecuencia máxima utilizable (MUF) penetran en la ionosfera y van al espacio. Las frecuencias por debajo de la MUF se reflejan nuevamente a la Tierra. Se indican las ondas de superficie, las zonas de silencio y los trayectos por saltos múltiples



3.2.2.1 Onda ionosférica de incidencia casi vertical

La onda ionosférica de incidencia casi vertical (NVIS) es un término que describe trayectos ionosféricos de ángulo elevado que cubren distancias cortas. Es muy útil para distancias apenas superiores a las alcanzadas por transmisiones en ondas métricas y decimétricas. Es necesario seleccionar frecuencias por debajo de los valores críticos, lo que significa que esta gama oscilará entre 2 y 6 MHz. Las frecuencias más elevadas se alcanzarán durante el día y las más bajas por la noche. El ángulo de emisión de la antena es casi perpendicular al suelo por lo que se emplea una antena de polarización horizontal y a tan sólo unos metros por encima del suelo.

Figura 6 – La ionosfera está compuesta de varias regiones de partículas ionizadas a diferentes alturas por encima de la Tierra. Por la noche, las regiones D y E desaparecen. Las regiones F₁ y F₂ se fusionan para formar una sola región F por la noche

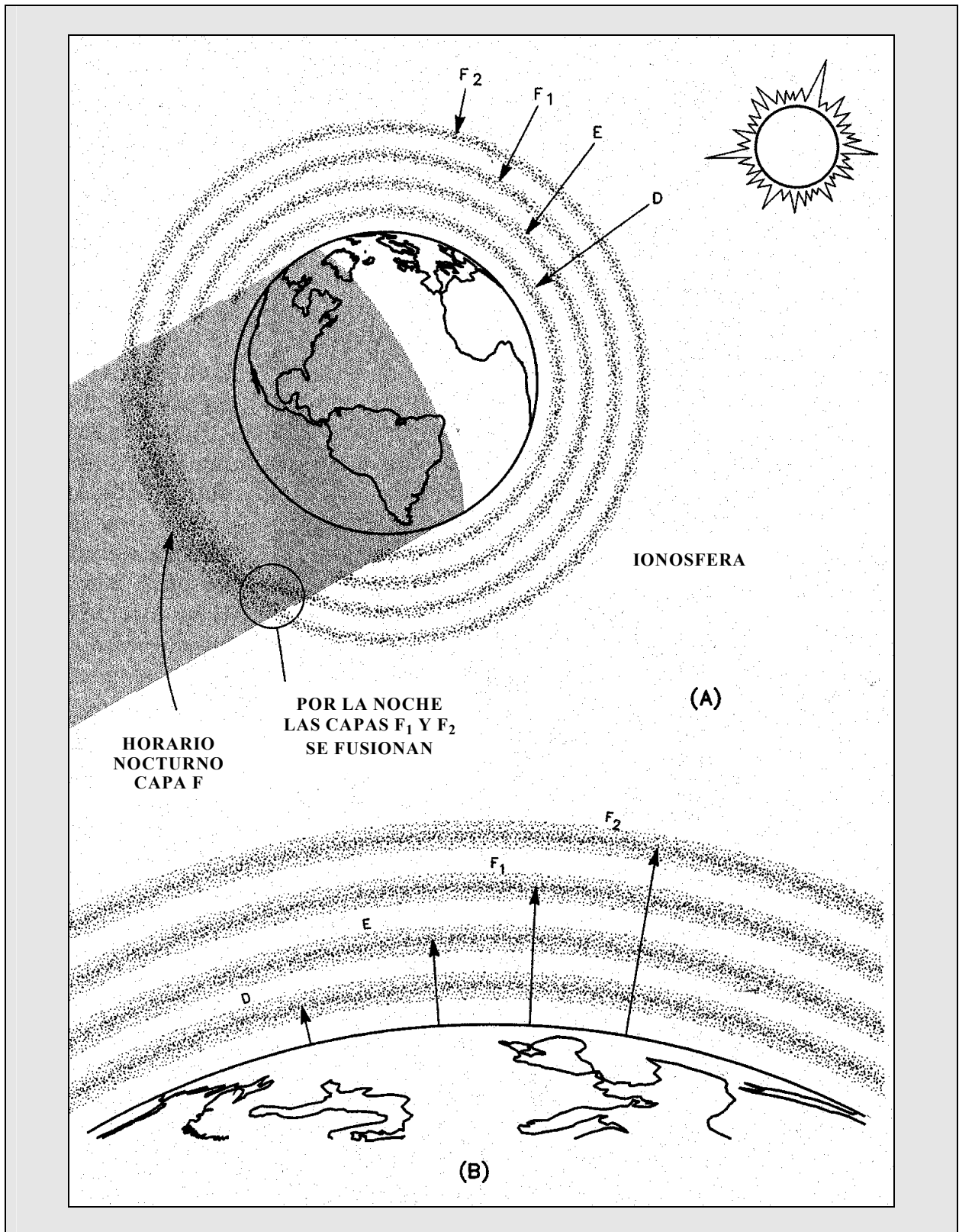
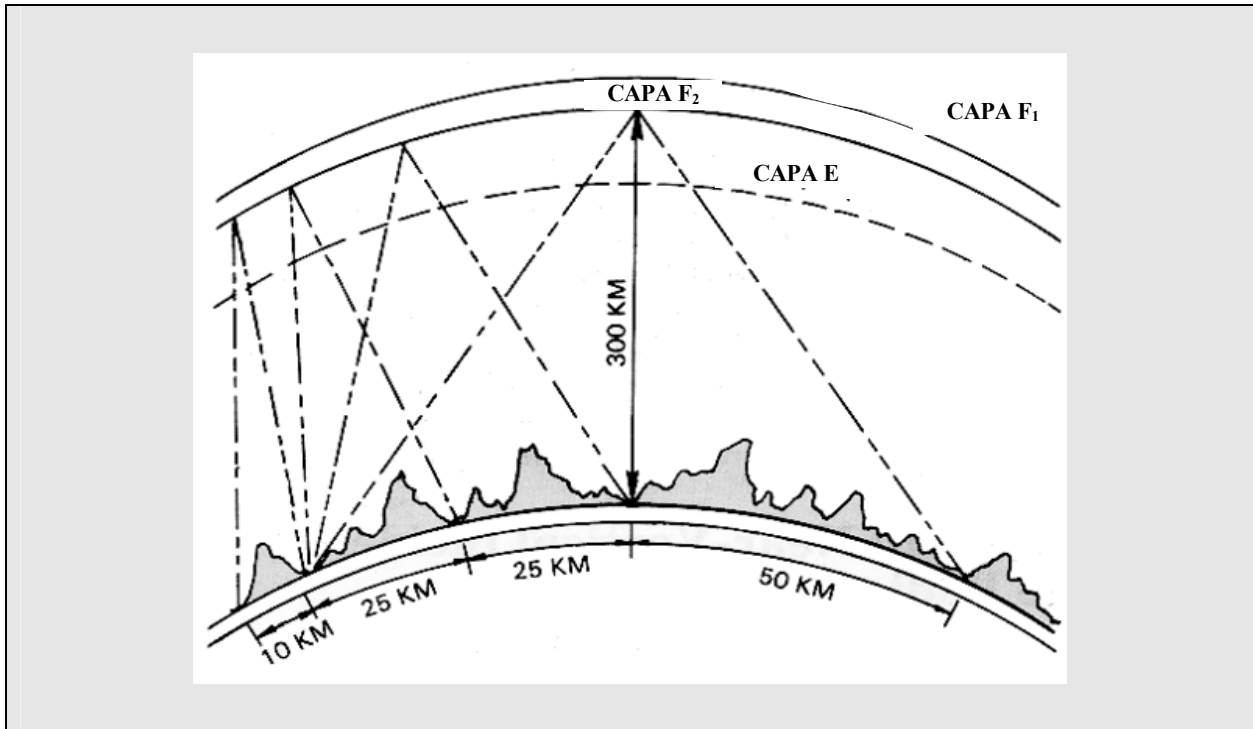


Figura 7 – Trayectos de ondas ionosféricas de incidencia casi vertical



3.2.3 Propagación de ondas métricas y decimétricas

Las señales radioeléctricas se propagan más allá de la línea óptica de visibilidad directa como si la Tierra fuera $4/3$ su tamaño real. El horizonte radioeléctrico para las señales de ondas métricas y decimétricas se aproxima a:

$$D = 4,124 h^{-2}$$

donde:

D: distancia, en kilómetros

h^{-2} : raíz cuadrada de la altura de la antena por encima del suelo, en metros.

La pérdida de propagación en el espacio libre podría calcularse utilizando la Recomendación UIT-R P.525.

3.2.3.1 Enlaces de punto a zona

Si hay un transmisor que dé servicio a varios receptores distribuidos al azar (por ejemplo, en el servicio móvil), se calcula el campo en un punto situado a una determinada distancia del transmisor mediante la siguiente expresión:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d}$$

donde:

e : valor eficaz de la intensidad de campo (V/m) (véase Nota 1)

p : potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor en la dirección del punto considerado (W)

d : distancia del transmisor al punto considerado (m).

Es posible prever la propagación móvil terrestre de punto a zona para las ondas métricas (10-600 km) y para las ondas decimétricas (1-100 km) a través de la Recomendación UIT-R P.529.

3.2.3.2 Enlaces punto a punto

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre las antenas isotropas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos: L_{bf} o A_0), de la siguiente manera:

$$L_{bf} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \text{ dB}$$

donde:

L_{bf} : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

d : distancia

λ : longitud de onda

d y λ se expresan en las mismas unidades.

La ecuación anterior se puede expresar también en función de la frecuencia en lugar de la longitud de onda.

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{dB}$$

donde:

f : frecuencia (MHz)

d : distancia (km).

Se puede prever la propagación de punto a zona en las frecuencias 150 MHz – 40 GHz para distancias superiores a 200 km a través de la Recomendación UIT-R P.530.

3.2.3.3 Fórmulas de conversión

Sobre la base de la propagación en el espacio libre, es posible utilizar las fórmulas de conversión siguientes:

Intensidad de campo para una potencia isotropa transmitida dada:

$$E = P_t - 20 \log d + 74,8$$

Potencia isotropa recibida para una intensidad de campo dada:

$$P_r = E - 20 \log f - 167,2$$

Pérdida de transmisión básica en el espacio libre para una potencia isotropa transmitida e intensidad de campo dadas:

$$L_{bf} = P_t - E + 20 \log f + 167,2$$

Densidad de flujo de potencia para una intensidad de campo dada:

$$S = E - 145,8$$

donde:

P_t : potencia isotropa transmitida (dB(W))

P_r : potencia isotropa recibida (dB(W))

E : intensidad de campo eléctrico (dB(μ V/m))

f : frecuencia (GHz)

d : longitud del trayecto radioeléctrico (km)

L_{bf} : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

S : densidad de flujo de potencia (dB(W/m²)).

Para más información sobre propagación punto a punto con visibilidad directa véase la Recomendación UIT-R P.530.

4 La antena como parte esencial de una estación radioeléctrica

4.1 Elección de una antena

Los organismos de comunicaciones conocen perfectamente dos axiomas con relación a las antenas:

- Ninguna estación radioeléctrica puede funcionar sin antena.
- El tiempo, el esfuerzo y el dinero invertidos en el sistema de antenas suelen proporcionar mayores mejoras en las comunicaciones que una inversión similar en cualquier otra parte de la estación.

La antena convierte la energía eléctrica en ondas radioeléctricas y viceversa, lo que permite que una comunicación radioeléctrica bidireccional sea posible con una sola antena.

El éxito de las comunicaciones depende fundamentalmente de la antena. Una buena antena puede hacer que un receptor normal funcione bien y que la potencia del transmisor parezca superior. Como se utiliza la misma antena para transmitir y recibir, cualquier mejora realizada en la misma hará que la señal sea más fuerte en los puntos de recepción deseados. Algunas antenas funcionan mejor que otras y, por lo tanto, resulta útil probar distintos modelos.

4.2 Consideraciones sobre el sistema de antenas

4.2.1 Seguridad

Para instalar un sistema de antenas lo primero que se debe tener en cuenta es la seguridad.

Una antena o línea de transmisión no se debe instalar nunca por encima de las líneas de distribución de energía eléctrica. Una antena vertical no se debe situar nunca donde se pueda caer sobre líneas eléctricas. Si las líneas de energía entran en contacto con la antena puede haber peligro de electrocución.

Las antenas deben instalarse lo suficientemente altas por encima del suelo para garantizar que nadie pueda tocarlas. Cuando el transmisor se activa, la elevada potencia que se transfiere a los extremos de una antena podría causar la muerte o producir graves quemaduras de RF a quien la toque.

Se debe colocar un pararrayos sobre la línea de transmisión en el punto de entrada al edificio que contiene el equipo de transmisión y recepción. Por razones de seguridad, es necesaria una conexión a tierra y el cable utilizado con ese fin debe ser un conductor de tamaño equivalente a un cable de 2,75 mm de diámetro como mínimo. El cable de aluminio pesado utilizado para las tomas de tierra de las antenas de televisión es satisfactorio. La malla de cobre de 20 mm de ancho es también apropiada. La conexión de puesta a tierra podría realizarse en un sistema metálico de tuberías de agua en el armazón metálico subterráneo del edificio, o en una o varias varillas subterráneas de 15 mm de diámetro llevadas a una profundidad de 2,5 metros como mínimo.

La instalación de la antena a veces requiere que una persona suba a una torre, un árbol o un tejado. Trabajar solo no es seguro. Cada movimiento debe planificarse con antelación. Una persona subida en una escalera, torre, árbol o tejado debe llevar siempre un cinturón de seguridad y asegurarse de estar bien atado. Antes de utilizarlo, se debe comprobar minuciosamente que el cinturón de

seguridad no tiene cortes ni zonas desgastadas. El cinturón facilitará la instalación de la antena y, al mismo tiempo, evitará caídas accidentales. Es también muy importante que en el equipo de seguridad se disponga de un casco duro y gafas de seguridad.

Las herramientas no deben llevarse en la mano mientras se está subiendo, sino que se deben colocar en un cinturón de herramientas. Una cuerda larga que llega hasta el suelo debe sujetarse al cinturón y puede utilizarse para levantar otros objetos necesarios. Es útil (y seguro) atar cuerdas ligeras de peso a todas las herramientas. Ello ahorrará tiempo en recuperar las herramientas caídas y reducirá los riesgos de herir al ayudante en tierra.

Los ayudantes en tierra no deben permanecer directamente debajo de la instalación que se está realizando. Todos los ayudantes en tierra deben llevar cascos y gafas de seguridad para protegerse. Incluso una pequeña herramienta pueda causar daños si se cae de una altura de 15 ó 20 metros. Un ayudante debe observar siempre con atención la obra que se realiza en la torre. Si es posible, un observador con la única obligación de vigilar los posibles peligros debe colocarse para ver correctamente la zona de trabajo.

4.2.2 Ubicación de la antena

Después de juntar los componentes de la antena se debe seleccionar un buen lugar para instalarlos. Se ha de evitar la instalación de la antena en paralelo cerca de líneas eléctricas o telefónicas pues, de no ser así, se podrían producir acoplamientos eléctricos indeseados que darían lugar a un ruido de línea eléctrica en la estación receptora o que la señal transmitida aparezca en las líneas de energía o telefónicas. Se debe evitar la instalación de la antena cerca de objetos metálicos, tales como alcantarillas de drenaje, varillas metálicas, revestimiento metálico o incluso una instalación eléctrica en el ático de un edificio. Es posible que los objetos metálicos actúen como blindaje de la antena o modifiquen su diagrama de radiación.

4.2.3 Polarización de la antena

La polarización se refiere a la característica del campo eléctrico de una onda radioeléctrica. Una antena paralela a la superficie de la tierra produce ondas radioeléctricas de polarización horizontal. Una antena perpendicular a la superficie de la tierra (a un ángulo de 90°) produce ondas polarizadas verticalmente.

La polarización es más importante en la instalación de antenas de ondas métricas y decimétricas. La polarización de una señal de ondas métricas o decimétricas terrestres no suele cambiar de una antena transmisora a una antena receptora. Las estaciones transmisoras y receptoras deben utilizar la misma polarización. La polarización vertical se utiliza normalmente para explotaciones móviles de ondas métricas y decimétricas y en particular para transeceptores manuales de vehículos y estaciones de base.

Para comunicaciones ionosféricas en ondas decamétricas, las señales radioeléctricas suelen rotar en la ionosfera y por consiguiente se pueden utilizar antenas con polarización horizontal o vertical con casi los mismos resultados. En recepción, se prefieren antenas con polarización horizontal ya que suelen rechazar los ruidos artificiales locales que suelen tener polarización vertical.

Las antenas verticales proporcionan radiaciones en ángulos bajos pero hacia arriba presentan un valor nulo (no emiten energía). Ello hace que sean adecuadas para trayectos de ondas ionosféricas más largos que precisan un ángulo de emisión bajo y no se recomiendan para trayectos de ondas ionosféricas de incidencia casi vertical de 0-500 km aproximadamente.

4.2.4 Sintonía de la antena

La longitud de una antena expresada por una ecuación es sólo una aproximación. Los árboles cercanos, los edificios o los objetos de metal grandes y la altura por encima del suelo afectan a la

frecuencia de resonancia de una antena. Un medidor de relación de ondas estacionarias (ROE) puede servir para determinar si la antena se debe acortar o alargar. La longitud correcta proporciona la mejor adaptación de impedancias para el sistema de transmisión.

Tras cortar el cable a la longitud expresada por la ecuación, se debe ajustar la sintonía de antena hasta obtener el mejor funcionamiento. Con la antena en su emplazamiento final, se debe medir la relación de ondas estacionarias (ROE) en diversas frecuencias dentro de la banda deseada. Si esta relación es mucho más elevada en el extremo de frecuencias bajas de la banda, la antena es demasiado corta. Si éste es el caso se puede añadir en cada extremo un trozo de conductor suplementario con una pinza de conexión. Luego, el cable adicional se podrá ir acortando hasta que se consiga la longitud correcta. Si la relación de ondas estacionarias es mucho más elevada en el extremo de frecuencias altas de la banda, la antena es demasiado larga. Cuando la antena se sintoniza correctamente, los valores más bajos de la relación de ondas estacionarias deben estar alrededor de la frecuencia de funcionamiento preferida.

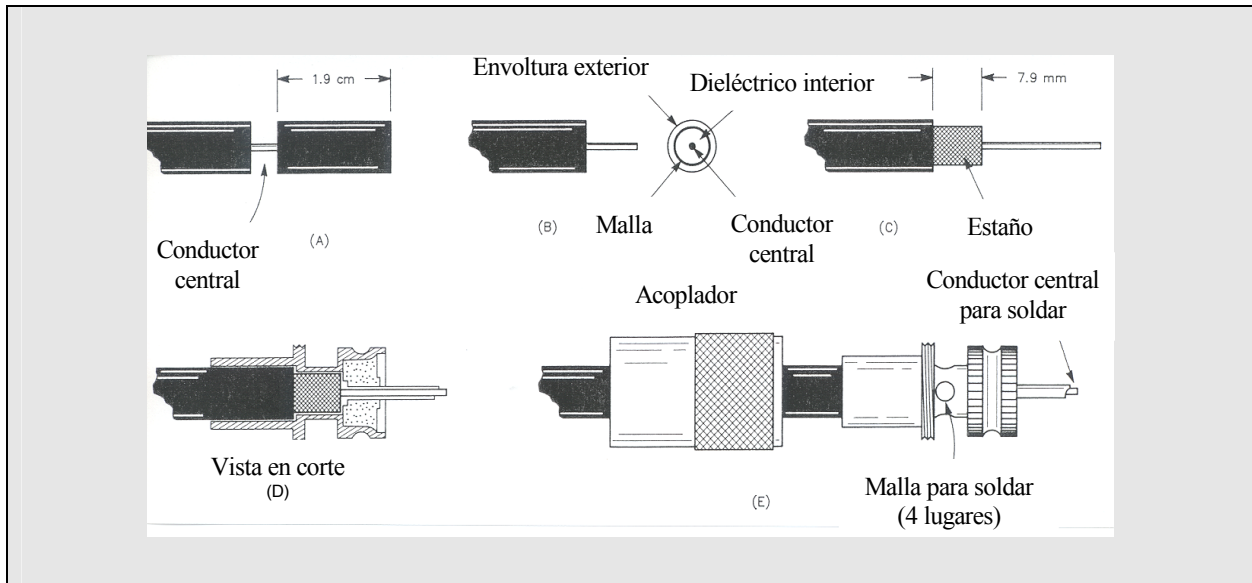
4.2.5 Líneas de transmisión

El tipo de línea de transmisión para el sistema de antenas utilizado con más frecuencia es el cable coaxial, en el que un conductor está dentro de otro. Entre las diversas ventajas que tiene este cable cabe citar que se puede conseguir fácilmente y que es resistente a la climatología adversa. Además, se puede doblar y enrollar y si es necesario, puede ir enterrado, así como ir tendido adyacente a objetos metálicos con mínimas repercusiones.

Las antenas de ondas decamétricas más comunes se diseñan para utilizarse con líneas de transmisión que tienen impedancias características de 50 ohmios aproximadamente. Los tipos RG-8, RG-58, RG-174 y RG-213 son los cables coaxiales utilizados comúnmente. Los tipos RG-8 y RG-213 son similares y de todos los cables indicados anteriormente son los que tienen las menores pérdidas. Los cables coaxiales más largos (RG-8, RG-213, RG-11) tienen menos pérdidas de señal que los cables más pequeños. Si la longitud de la línea de alimentación es menor de 30 metros, la pequeña pérdida de señal adicional en las bandas de ondas decamétricas es despreciable. Las pérdidas en las bandas en ondas métricas y decimétricas son más importantes, en particular cuando la línea de alimentación es larga. En estas bandas, el coaxial tipo RG-213 de mayor calidad o incluso los cables coaxiales rígidos o semirrígidos con menos pérdidas reducen las pérdidas de las líneas de transmisión que sobrepasan los 30 metros.

Los conectores de cables coaxiales constituyen una parte importante de una línea de alimentación coaxial. Resulta prudente comprobar periódicamente los conectores coaxiales para observar si están limpios y ajustados para reducir las pérdidas. Si se sospecha de una conexión con soldadura defectuosa, se deben limpiar y soldar los empalmes nuevamente. La elección de los conectores suele depender de los conectores de adaptación en la estación radioeléctrica. Muchas estaciones en ondas decamétricas y métricas utilizan conectores SO-239. El conector complementario es un PL-259 (véase la figura 7), que a veces se denomina conector UHF. Los conectores de impedancia constante tales como Tipo-N constituyen la mejor elección para las bandas de ondas decimétricas. Los conectores PL-259 están diseñados para utilizarse con cables RG-8 o RG-213. Cuando se emplea un cable coaxial para conectar la línea de transmisión, ésta debe estar terminada por un conector SO-239 en el aislador central y en el extremo que se conecta al equipo radioeléctrico se debe utilizar un PL-259.

Figura 8 – Conector coaxial PL-259



4.2.6 Adaptación de impedancias dentro del sistema de antenas

Si un sistema de antenas no se adapta a la impedancia característica del transmisor, una parte de la energía se refleja de la antena al transmisor. Cuando esto ocurre, la tensión y la corriente de RF no son uniformes a lo largo de la línea. La energía que se transfiere del transmisor a la antena se denomina potencia directa y se emite desde la antena. La relación de ondas estacionarias (ROE) es la relación entre la tensión máxima en la línea y la tensión mínima. Un medidor de la ROE mide la adaptación de impedancia relativa de una antena y de su línea de alimentación. Los valores ROE más bajos significan que existe una mayor adaptación de impedancia entre el transmisor y el sistema de antena. Si se cuenta con una adaptación perfecta, la ROE es 1:1. La ROE define la calidad de una antena observada desde el transmisor, pero una ROE baja no garantiza que la antena emitirá la energía de RF suministrada por el transmisor. Un valor de ROE de 2:1 indica una adaptación de impedancias bastante buena.

4.2.7 Medidores de ROE

La aplicación más común para medir la ROE es la sintonización de una antena para resonar en una frecuencia dada. Una lectura de la ROE de 2:1 o menor es bastante aceptable. Una lectura de 4:1 o mayor es inaceptable. Ello significa que hay una grave desadaptación de impedancias entre el transmisor, la antena o la línea de alimentación.

La manera en que se mide la ROE depende del tipo de medidor. Algunos medidores de la ROE tienen un control SENSIBILIDAD y una llave conmutadora DIRECTA-REFLEJADA. En este caso, la escala del medidor suele proporcionar una lectura de la ROE. Para utilizar el medidor, colóquese primero el conmutador en la posición DIRECTA. Luego ajuste el control SENSIBILIDAD y la salida de la potencia del transmisor hasta que el medidor presente una indicación a plena escala. Algunos medidores tienen una marca en la cara del medidor etiquetada SET o CAL. La aguja del medidor debe permanecer en esta marca. Luego, colóquese la llave selectora en la posición REFLEJADA. Ello debería realizarse sin reajustar la potencia del transmisor o el control SENSIBILIDAD del medidor. Ahora la aguja del medidor indica el valor de la ROE. La frecuencia de resonancia de una antena se puede hallar conectando el medidor entre la línea de alimentación y su antena. Esta técnica medirá la adaptación de la impedancia relativa entre

la antena y su línea de alimentación. Se prefieren las asignaciones que proporcionan la ROE más baja en la frecuencia de funcionamiento.

4.2.8 Redes de adaptación de impedancias de la antena

Otro accesorio útil es una red de adaptación de impedancias, denominada también red de adaptación de antenas, sintonizador de antenas, unidad de sintonía de antenas o simplemente un sintonizador. La red compensa cualquier desadaptación de impedancias entre el transmisor, la línea de transmisión y la antena. Un sintonizador permite utilizar una antena en bandas de frecuencias distintas. El sintonizador se conecta entre la antena y el medidor de ROE, en caso de que se utilice. El medidor de ROE se utiliza para indicar la potencia mínima reflejada a medida que se ajusta el sintonizador.

El último paso para concluir la instalación de la antena es el siguiente: tras introducir el cable coaxial en vuestra estación, se lo deberá cortar e instalar el conector adecuado para el transmisor que, por lo general, será el tipo PL-259, denominado a veces conector UHF. En la figura 7 se indica cómo acoplar uno de estos accesorios al cable RG-8 o RG-11. Es importante colocar el anillo de acoplamiento en el cable *antes* de instalar el cuerpo del conector. Si se utilizan cables tipo RG-58 o RG-59, se deberá emplear un adaptador para ajustar el cable al conector. El conector hembra SO-239 es un modelo estándar en muchos transmisores y receptores.

Si la ROE es muy alta, es posible que surja un problema que no se podrá solucionar con simple sintonía. Una ROE muy alta podría significar que la línea de alimentación está abierta o en cortocircuito. Si la ROE es muy elevada puede ser debido a una conexión incorrecta o a un espacio insuficiente entre la antena y los objetos que la rodean.

4.3 Antenas prácticas

4.3.1 La antena dipolo de media onda

Probablemente la antena más común de ondas decamétricas es un cable cortado a media longitud de onda ($\frac{1}{2} \lambda$) en la frecuencia de operación. La línea de transmisión sujeta un aislador en el centro del cable. Se trata del dipolo de media onda que se suele denominar antena dipolo. (*Di* significa dos, por lo que un dipolo tiene dos partes iguales. Un dipolo puede tener una longitud distinta de $\frac{1}{2} \lambda$.) La dimensión total de un dipolo de media longitud de onda es $\frac{1}{2} \lambda$. La línea de alimentación se conecta al centro. Esto significa que cada lado del dipolo es $\frac{1}{4} \lambda$ de largo.

La longitud de onda en el espacio puede determinarse dividiendo la constante 300 por la frecuencia en megahertzios (MHz). Por ejemplo, en 15 MHz, la longitud de onda es de $300/15 = 20$ metros.

Las señales radioeléctricas se propagan más lentamente en cables que en el aire, por lo que se puede utilizar la siguiente ecuación para hallar la longitud total de un dipolo de $\frac{1}{2} \lambda$ para una frecuencia específica. Obsérvese que, para esta ecuación, la frecuencia se expresa en megahertzios y la longitud de la antena en metros.

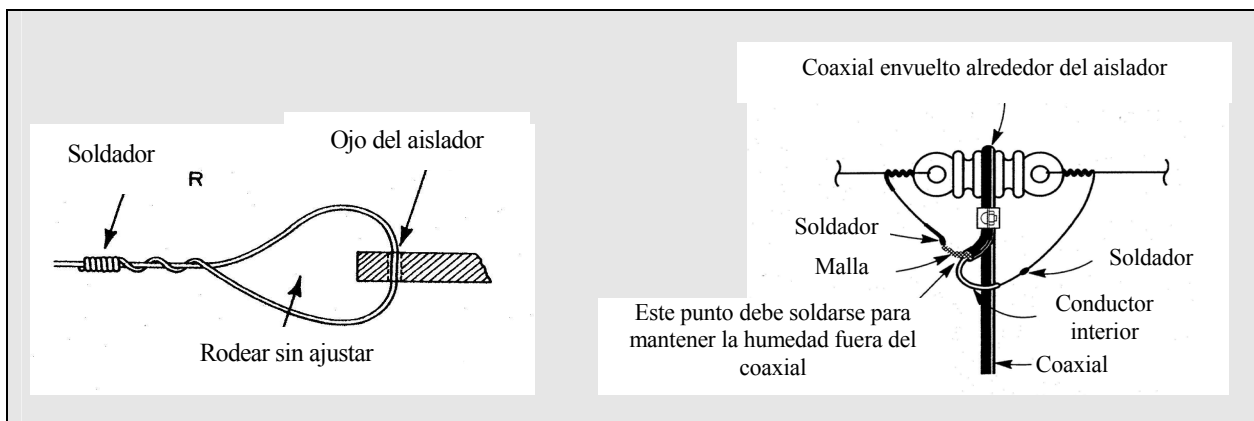
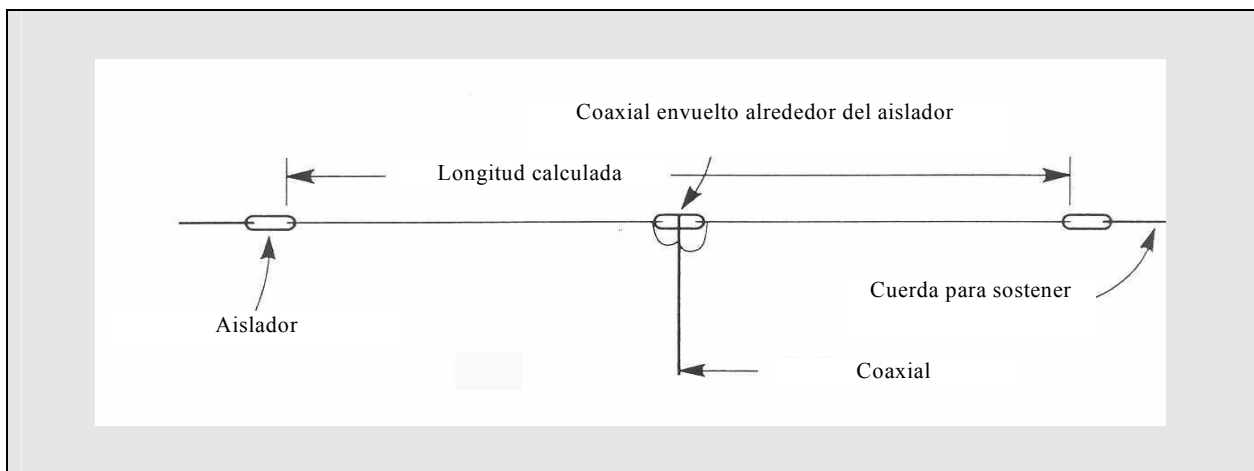
$$L \text{ (en metros)} = \frac{143}{f_{\text{MHz}}}$$

La presente ecuación tiene también en cuenta otros factores que se suelen denominar *efectos de antena*. Proporciona la longitud aproximada del cable para una antena dipolo de ondas decamétricas. La ecuación no será tan precisa para las antenas de ondas métricas y decimétricas. El diámetro del elemento es un porcentaje más alto que la longitud de onda en frecuencias de ondas métricas y aún más elevadas. Otros efectos, tales como los *efectos de punta* hacen también que la ecuación sea menos precisa en ondas métricas y decimétricas.

Cuadro 2 – Longitudes aproximadas para dipolos $\frac{1}{2} \lambda$ adecuados para bandas fijas, móviles y de aficionados

Frecuencia (MHz)	Longitud (m)	Frecuencia (MHz)	Longitud (m)	Frecuencia (MHz)	Longitud (m)
3,3	43,3	12,2	11,7	30	4,8
3,5	40,8	13,4	10,7	35	4,1
3,8	37,6	13,9	10,3	40	3,6
4,5	31,8	14,2	10,0	50	2,86
4,9	29,2	14,6	9,8	145	99 cm
5,2	27,5	16,0	8,8	150	95
5,8	24,6	17,4	8,2	155	92
6,8	21,0	18,1	7,9	160	89
7,1	20,1	20,0	7,1	165	87
7,7	18,6	21,2	6,7	170	84
9,2	15,5	21,8	6,5	435	33
9,9	14,4	23,8	6,0	450	32
10,1	14,1	24,9	5,7	455	31,4
10,6	13,5	25,3	5,6	460	31
11,5	12,4	29,0	4,9	465	30,7

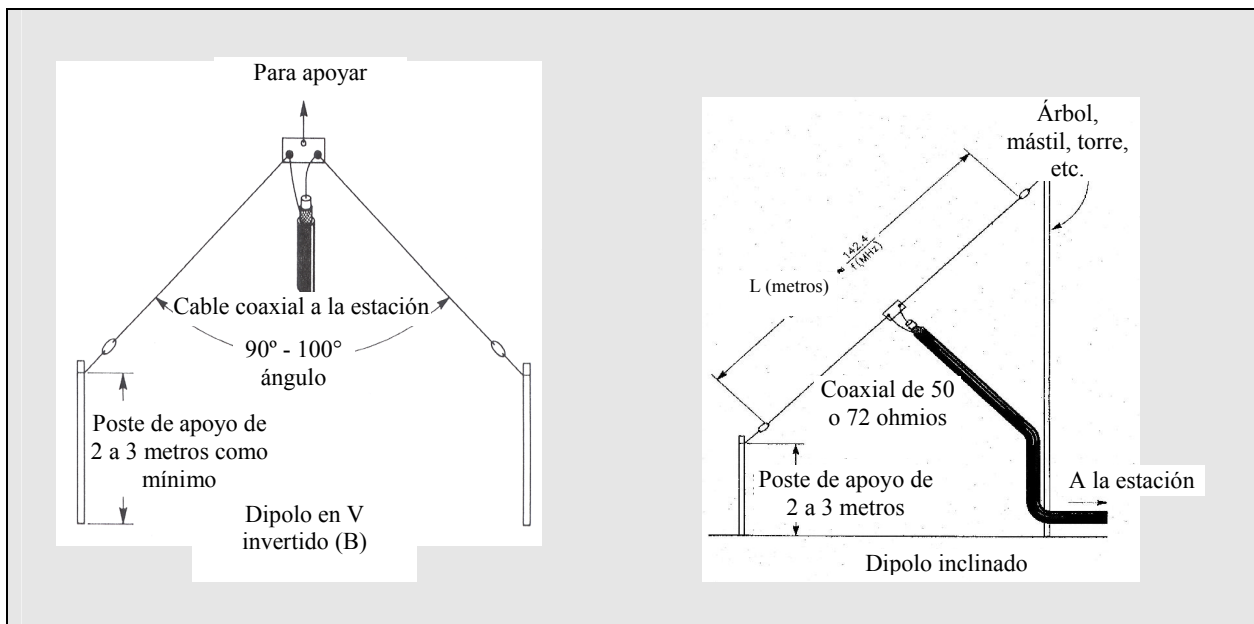
Figura 9 – Construcción de una antena dipolo de media onda simple. En la parte superior se encuentra el conjunto de dipolo básico. La parte inferior izquierda indica cómo conectar los extremos del cable a los aisladores. La parte inferior derecha ilustra la conexión de la línea de transmisión al centro del dipolo



El cable eléctrico de uso doméstico y el cable trenzado se estirarán con el tiempo, pero un cable de acero con recubrimiento de cobre de gran calibre se estirará muy poco. El dipolo se debe cortar según la dimensión calculada con la ecuación mencionada anteriormente (longitud total de un dipolo $\frac{1}{2} \lambda$), pero debe proporcionarse una longitud adicional para envolver los extremos alrededor de los aisladores. Para conectar la antena al transmisor es necesaria una línea de transmisión coaxial o paralela. Se necesitan también tres aisladores. Si se apoya la antena en el medio, los dos extremos se encorvarán hacia el suelo. Esta antena, conocida como dipolo en V invertido, es casi omnidireccional y funciona mejor cuando el ángulo entre los cables es igual o mayor de 90° . Un dipolo puede también apoyarse sólo en un extremo en cuyo caso se denomina dipolo inclinado.

Las antenas dipolo emiten mejor en una dirección situada a 90° del cable de la antena. Por ejemplo, supóngase que se instala una antena dipolo y que los extremos del cable se dirigen en el sentido este/oeste. En el supuesto caso de que se encuentre muy por encima del suelo (por ejemplo, a una altura de $\frac{1}{2} \lambda$), esta antena enviaría señales más fuertes en los sentidos norte y sur. Un dipolo envía también energía radioeléctrica directamente hacia arriba y hacia abajo. El dipolo también emite energía en los extremos del cable, pero estas señales estarán atenuadas. Si bien con esta antena es posible comunicarse con estaciones ubicadas al este y al oeste, las señales son más fuertes con estaciones situadas al norte y al sur.

Figura 10 – Formas alternativas para instalar un dipolo. La configuración de la izquierda es un dipolo invertido en forma de V. A la derecha se muestra un dipolo inclinado. Puede que se utilice un transformador simétrico-asimétrico ("balún") (que no aparece), en el punto de alimentación ya que es una antena simétrica



4.3.2 Dipolo plegado de banda ancha

Una versión de banda ancha del dipolo, el dipolo plegado (figura 10), tiene una impedancia de 300 ohmios aproximadamente y puede alimentarse directamente con cualquier longitud de línea de alimentación de 300 ohmios. Esta variación del dipolo se denomina *banda ancha* porque ofrece una mayor adaptación al alimentador en una gama de frecuencias ligeramente mayor. Cuando un dipolo

plegado se instala como "V" invertida es fundamentalmente omnidireccional. Existen varios dipolos plegados de banda ancha disponibles comercialmente que proporcionan un rendimiento aceptable en ondas decamétricas, incluso cuando funcionan sin sintonizador.

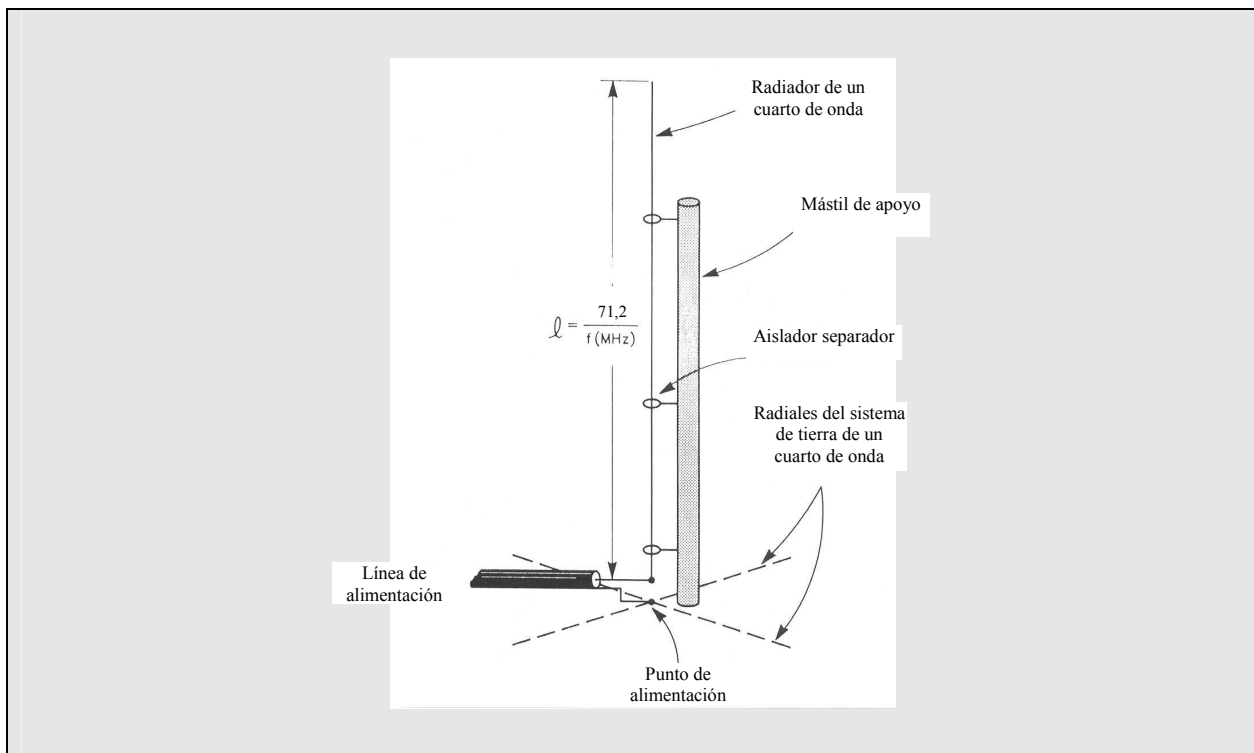
4.3.3 Antena vertical de un cuarto de longitud de onda

La antena vertical de un cuarto de longitud de onda es eficaz y fácil de instalar. Precisa sólo un elemento y un soporte. En las bandas de ondas decamétricas se suele utilizar para las comunicaciones a larga distancia. Las antenas verticales se denominan antenas no direccionales u omnidireccionales porque envían energía radioeléctrica uniforme en todas las direcciones a su alcance. Suelen también concentrar las señales hacia el horizonte puesto que tienen un diagrama de radiación de ángulo bajo y no suelen emitir señales fuertes hacia arriba.

En la figura 11 se indica cómo construir una antena vertical simple. Esta antena vertical tiene un radiador de una longitud de $\frac{1}{4} \lambda$. Para calcular la longitud aproximada del radiador se debe emplear la siguiente ecuación. En esta ecuación la frecuencia se expresa en megahertzios y la longitud en metros.

$$L \text{ (en metros)} = \frac{71}{f_{\text{MHz}}}$$

Figura 11 – Antena vertical simple de un cuarto de onda



Cuadro 3 – Longitudes aproximadas para monopolos de $\frac{1}{4} \lambda$ y radiales de tierra adecuados para bandas del servicio fijo, móvil y de aficionados

Frecuencia (MHz)	Longitud (m)	Frecuencia (MHz)	Longitud (m)	Frecuencia (MHz)	Longitud (m)
3,3	21,6	12,2	5,9	30	2,4

3,5	20,4	13,4	5,3	35	2,1
3,8	18,8	13,9	5,1	40	1,8
4,5	15,9	14,2	5,0	50	1,43
4,9	14,6	14,6	4,9	145	50 cm
5,2	13,7	16,0	4,5	150	48
5,8	12,3	17,4	4,1	155	46
6,8	10,5	18,1	3,9	160	44
7,1	10,0	20,0	3,5	165	43
7,7	9,3	21,2	3,3	170	42
9,2	7,7	21,8	3,2	435	117
9,9	7,2	23,8	3,0	450	16
10,1	7,1	24,9	2,9	455	16
10,6	6,7	25,3	2,8	460	16
11,5	6,2	29,0	2,5	465	15

Para obtener resultados satisfactorios, la antena vertical de $\frac{1}{4} \lambda$ debe tener un sistema de radiales para reducir las pérdidas terrestres y actuar como un plano de tierra. Para funcionamiento en ondas decamétricas la antena vertical se puede instalar a nivel del suelo y los radiales soterrados. Deben utilizarse al menos tres radiales dispuestos como los radios de una rueda con la antena vertical en el centro. Los radiales deben tener una longitud no menor a $\frac{1}{4} \lambda$ a la frecuencia de operación más baja.

La mayoría de las antenas verticales utilizadas en ondas decamétricas tienen una longitud igual o menor a $\frac{1}{4} \lambda$ con redes de carga adecuadas. Para ondas métricas y decimétricas, las antenas son lo suficientemente cortas que podrían utilizarse antenas verticales más largas. Una antena móvil común es una vertical de $\frac{5}{8} \lambda$ denominada frecuentemente "antena de látigo de cinco octavos". Esta antena es muy conocida porque concentra más energía radioeléctrica hacia el horizonte que una vertical de $\frac{1}{4} \lambda$.

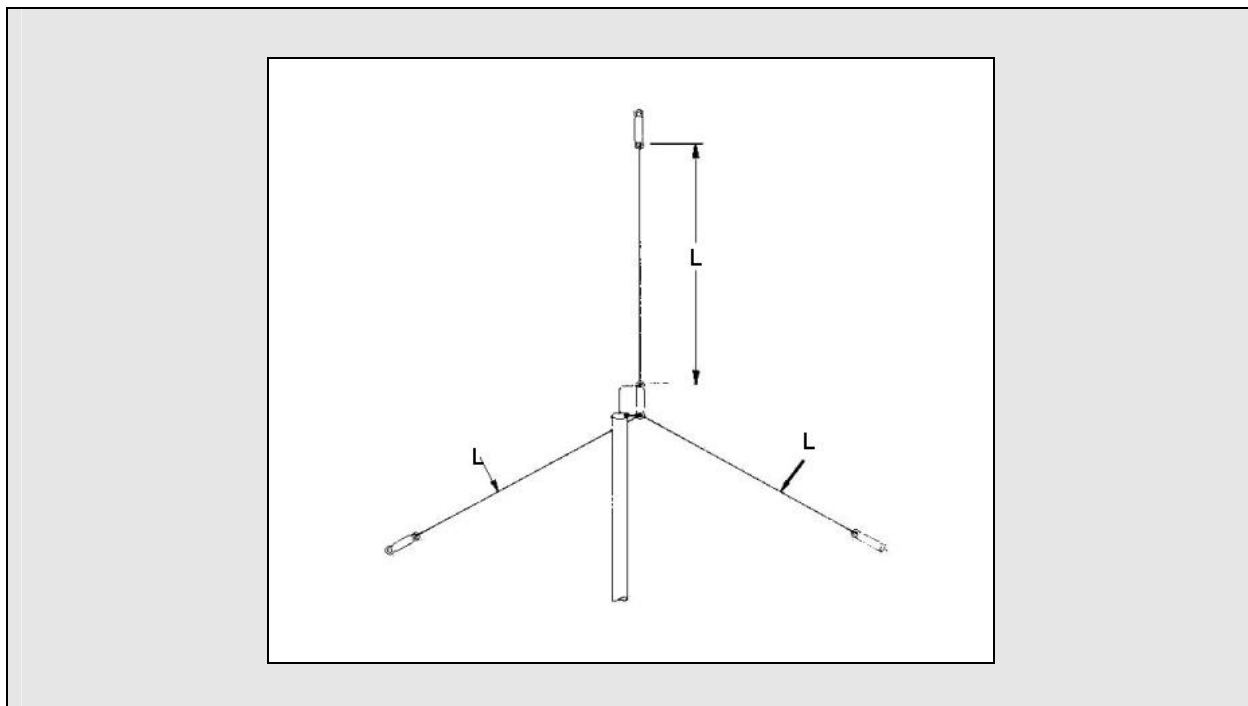
Comercialmente las antenas verticales disponibles necesitan una línea de alimentación coaxial, por lo general con un conector PL-259. Al igual que con la antena dipolo pueden utilizarse los cables coaxiales RG-8, RG-11 o RG-58.

Algunos fabricantes proporcionan antenas verticales multibanda que utilizan circuitos sintonizados en serie (trampas) para que la antena resuene en diversas frecuencias.

Al fabricar una antena con plano de tierra de estructura arborescente (figura 12) en ondas decamétricas, se conecta un tramo de cable RG-58 al punto de alimentación de la antena y se une a un aislador. Los cables radiales se sueldan a la malla de la línea coaxial en este punto. La parte superior de la sección del radiador se suspende de una de las ramas o de otro apoyo conveniente y, a su vez, sostiene el resto de la antena.

Figura 12 – Construcción de una antena de plano de tierra de estructura arborescente.

$$L = 143/f_{\text{MHz}}$$



Las dimensiones de la antena son las mismas que las de una antena vertical de $\frac{1}{4} \lambda$. Los tres cables de la antena son de $\frac{1}{4} \lambda$ de largo. Ello suele limitar la utilidad de la antena a bandas de 7 MHz y superiores ya que es posible que no se disponga de soportes provisionales de más de 10 ó 15 metros.

4.3.4 Antenas para transceptores de mano

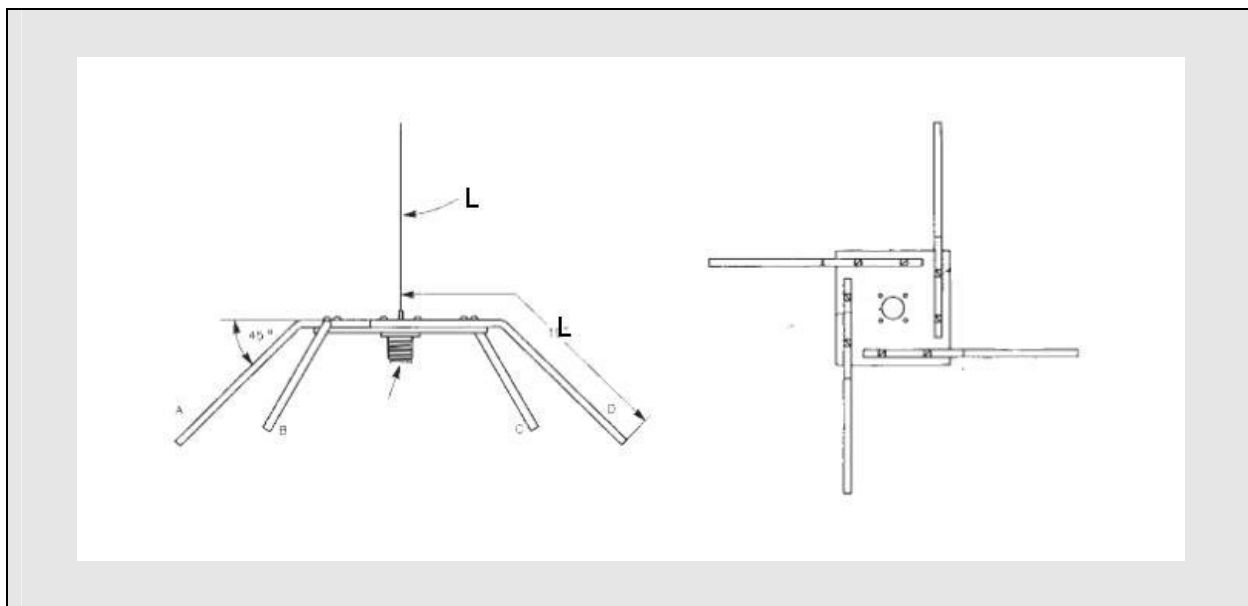
Los transceptores de mano en ondas métricas y decimétricas suelen utilizar antenas flexibles acortadas que son económicas, pequeñas, livianas y más resistentes. Por el contrario tienen algunos inconvenientes: es un diseño de compromiso que es ineficiente y, por lo tanto, no funciona tan bien como las antenas más largas. Dos antenas que funcionan mejor son los tipos telescópicos de $\frac{1}{4} \lambda$ y de $\frac{5}{8} \lambda$ que están disponibles como accesorios separados.

4.3.5 Antenas verticales para ondas métricas y decimétricas

Para el funcionamiento de estaciones en emplazamientos fijos, la antena vertical de $\frac{1}{4} \lambda$ es una elección ideal. El modelo de 145 MHz que se ilustra en la figura 13 utiliza una pieza plana de hoja de aluminio a la que se conectan radiales con tornillos para metales. En cada uno de los radiales se practica un dobléz de 45° . Este dobléz puede realizarse con un torno de banco ordinario. Un conector de bastidor SO-239 se instala en el centro de la placa de aluminio con la parte roscada del colector ubicado en la parte inferior de la misma. La parte vertical de la antena se fabrica con un cable de cobre de 10 mm soldado directamente al perno central del conector SO-239.

Figura 13 – Antena en ondas métricas o decimétricas con plano de tierra y 4 radiales inclinados.

$$L = 143/f_{\text{MHz}}$$

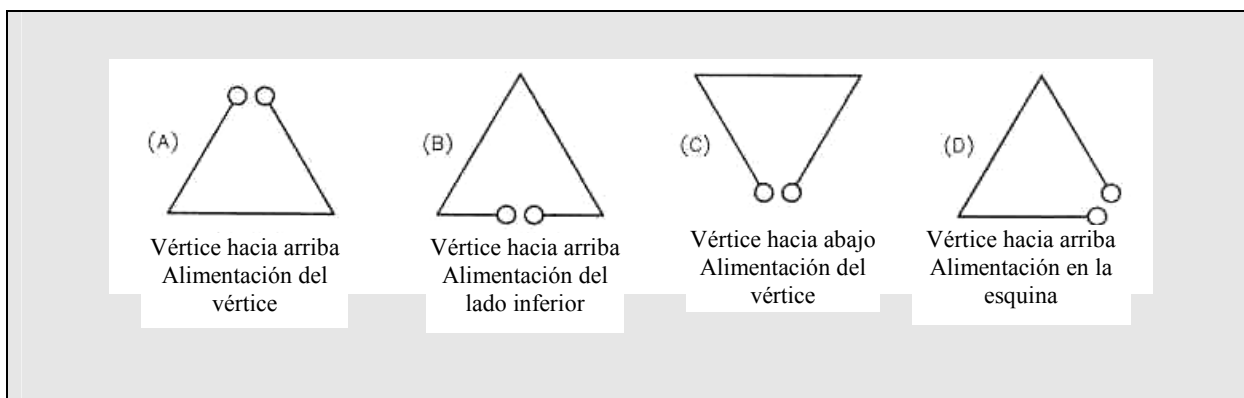


La construcción es simple ya que sólo requiere un conector SO-239 y un soporte físico común. Un pequeño bucle formado en el extremo interno de cada radial se utiliza para fijarlo directamente en los orificios de montaje del conector coaxial. Después de que el radial haya sido fijado al conector SO-239 con el soporte físico, se utilizará un soldador de hierro grande o soplete de propano para soldar el radial y el soporte físico de montaje al conector coaxial. Los radiales se inclinan en un ángulo de 45° y la parte vertical se suelda al perno central para concluir la antena. Conviene aplicar una pequeña cantidad de una sustancia obturadora alrededor de las zonas del perno central del conector para evitar la entrada de agua en el conector y la línea coaxial.

4.3.6 Bucle delta

El bucle delta es otra antena de hilos de aplicación práctica utilizado por organizaciones de socorro en caso de catástrofe. Las tres ventajas principales de la antena de bucle delta son las siguientes: 1) no se necesita plano de tierra; 2) un bucle de onda completa (dependiendo de la forma) tiene mayor ganancia que un dipolo; y 3) un bucle cerrado es una antena receptora "más silenciosa" (relación señal/ruido mejorada) que la mayoría de las antenas verticales y algunas horizontales. La selección del punto de alimentación permitirá la elección de la polarización vertical u horizontal. Los distintos ángulos de radiación resultarán de selecciones variadas del punto de alimentación. El sistema es más flexible y capaz de sacar el máximo provecho de las comunicaciones a distancias cercanas o largas (ángulos elevados frente a ángulos bajos). En la figura 14 se ilustran las distintas configuraciones que pueden utilizarse. La anchura de banda en resonancia es similar a la de un dipolo. Se recomienda una unidad de sintonía de antena para adaptar el sistema al transmisor en partes de la banda donde la ROE es alta. No se cuenta con normas que dicten la forma de un bucle de onda completa. Convendría utilizar una forma triangular con el vértice en la parte superior en cuyo caso se necesita sólo un soporte elevado. Se han utilizado formas circulares, cuadradas o rectangulares.

Figura 14 – Diversas configuraciones para una antena de bucle delta de longitud de onda completa. La longitud total del cable de la antena es de aproximadamente $286/f_{\text{MHz}}$



Configuración	A	B	C	D
Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Vertical
Ángulo de radiación	Medianamente elevado	Elevado	Medianamente alto	Bajo

4.3.7 Antenas directivas

Las antenas directivas tienen dos ventajas importantes frente a las antenas omnidireccionales más simples tales como los dipolos y los monopolos verticales. Son antenas transmisoras que concentran la mayor parte de la radiación en una dirección. En recepción, las antenas directivas pueden estar apuntadas a la dirección deseada o alejarse de una fuente de ruido.

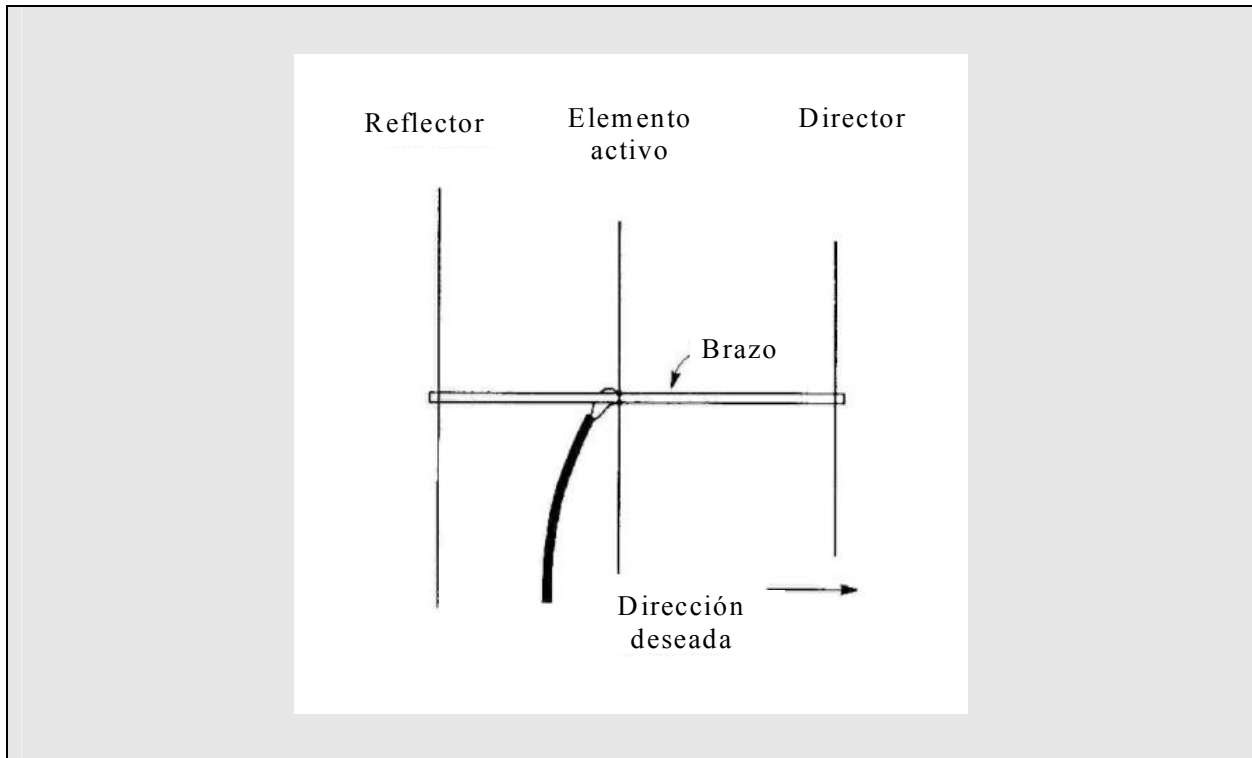
Aunque suelen ser grandes y económicas por debajo de 10 MHz aproximadamente, las antenas directivas se utilizan normalmente en la parte superior de las bandas de ondas decamétricas, por ejemplo, de 10 MHz a 30 MHz. Asimismo, se emplean generalmente en ondas métricas y decimétricas debido a su tamaño bastante pequeño. La antena directiva más corriente es la antena *Yagi*, pero existen también otros tipos.

En la figura 15 se muestra una antena *Yagi* que tiene distintos elementos unidos a un brazo central. Los elementos son paralelos y están situados en una línea recta a lo largo del brazo. Si bien los distintos factores afectan el volumen de la ganancia de una antena *Yagi*, la longitud del brazo tiene el efecto más grande: cuanto más largo sea éste, mayor será la ganancia.

La línea de transmisión se conecta sólo a un elemento denominado el elemento activo. En una antena *Yagi* de tres elementos como la que se muestra en la figura 15, el elemento activo se encuentra en el medio. El elemento delantero de la antena (hacia la dirección deseada) se denomina director. Detrás del elemento activo se encuentra el elemento reflector. El elemento activo tiene una longitud de aproximadamente $\frac{1}{2} \lambda$ en la frecuencia de diseño de la antena. El director es un poco más corto que $\frac{1}{2} \lambda$ y el reflector un poco más largo. Los haces *Yagi* pueden tener más de tres elementos en los que se añaden, por lo general, más directores. Los directores y los reflectores se denominan elementos parásitos, puesto que no se alimentan directamente.

Es posible lograr comunicarse en distintas direcciones girando el conjunto de antena mediante un rotador en el plano acimutal (horizontal) para que apunte en la dirección deseada.

Figura 15 – Antena Yagi de tres elementos que muestra el reflector, el elemento activo y el director apoyados por un brazo



4.3.7.1 Redes de antenas log-periódicas

Las antenas de periodicidad logarítmica son antenas directivas alternativas. Tienen una anchura de banda más grande, pero inferior a la ganancia directiva de una Yagi.

Una antena log-periódica es un sistema de elementos alimentados diseñados para el funcionamiento de una amplia variedad de frecuencias. Su ventaja consiste en que expone fundamentalmente características constantes en cuanto a la variedad de frecuencias, la misma resistencia de radiación (y, por lo tanto, la misma ROE) y las mismas características de los diagramas (aproximadamente la misma ganancia y la misma relación anterior-posterior).

5 Fuentes de alimentación y baterías

5.1 Seguridad en los sistemas de alimentación

Como en el caso de la instalación de una antena, las instalaciones eléctricas se deben realizar por motivos de seguridad con una segunda persona presente. No se debe utilizar nunca un conmutador en el cable neutro sin desconectar además el equipo de una línea activa o "directa especial".

Todos los equipos de comunicaciones deben conectarse correctamente a la toma de tierra por medio de un cable separado de grueso calibre. Para esta toma de tierra de seguridad no debe utilizarse el conductor neutro de cableado de energía eléctrica. Este conductor deriva el bastidor del equipo al potencial del suelo terrestre para una energía de RF mínima en el bastidor. Aporta una medida de seguridad para el operador en caso de que se produzca un cortocircuito accidental o una fuga de un lado de la línea energética al bastidor.

Las baterías no se deben someter a un calor innecesario, vibración o choque físico. Deben estar limpias y se recomienda la verificación periódica de fugas o pérdidas. Deben limpiarse bien todas las superficies en las que haya habido pérdidas de electrolito. El electrolito de la batería es

químicamente activo y eléctricamente conductor y puede dañar el equipo eléctrico. Se puede neutralizar el ácido con bicarbonato de sodio (bicarbonato de sosa) y los metales alcalinos pueden neutralizarse con un ácido suave como el vinagre. Los dos neutralizadores se disolverán en agua y se deben lavar rápidamente. El neutralizador no debe entrar en la batería. El gas que sale del acumulador podría ser explosivo. Manténgase alejado de los productos inflamables o cigarrillos encendidos.

Cuando se trabaja con generadores de energía, lo primero que hay que tener en cuenta es la seguridad. La gasolina es una sustancia química peligrosa y se debe prestar mucha atención a su tratamiento. El combustible se debe almacenar sólo en contenedores adecuados, alejados del generador y de los rayos solares. El generador se debe apagar y enfriar antes de añadirle combustible. Los trapos embebidos en aceite o gasolina no se deben amontonar pues podrían prenderse fuego por combustión instantánea. Debe haber siempre un extintor junto al generador. No se debe permitir fumar cerca del generador.

Los motores de combustión interna producen calor. Cuanto más grandes sean éstos y mayor la velocidad, habrá más calor. La combinación de los gases del combustible y el calor del motor en un recinto pequeño es peligrosa. La inhalación de los gases de escape del generador puede ser mortal. Si se utiliza gasolina, diesel, gas natural o gas propano se debe asegurar que los gases de escape tienen una salida adecuada en la zona de operación. La ventilación natural no suele ser suficiente para mantener un ambiente seguro. Se debe utilizar un soplador o ventilador impelente para traer aire fresco del exterior y un extractor de aire para expulsar el calor.

5.2 Alimentación por la red de distribución eléctrica

Si se dispone de ella, se debe utilizar la red de alimentación pública para permitir que los sistemas energéticos autogenerados se utilicen con fines de reserva. Aunque la fuente de alimentación primaria no sea fiable puede utilizarse para cargar baterías.

La red de distribución de energía eléctrica penetra en los edificios por medio de dos o más cables para suministrar una corriente alterna de 100-130 V o 200-260 V a 50 ó 60 Hz. Los circuitos se pueden dividir en varias ramas y proteger mediante interruptores automáticos o fusibles.

Es conveniente también por razones de seguridad disponer de un interruptor de circuitos accionado por corriente de pérdida a tierra y, si es posible, debe formar parte del cableado de energía eléctrica.

5.3 Transformadores de potencia

Se deben tener en cuenta numerosos factores en la selección de transformadores, por ejemplo, índices de volt-amperio (VA) nominales de entrada y de salida, temperatura ambiente, ciclo de trabajo y diseño mecánico.

En un equipo de corriente alterna, el término "volt-amperio" se suele utilizar más que el término "vatio" debido a que los componentes de corriente alterna deben admitir potencias reactivas así como potencias reales. La magnitud de volt-amperios suministrados por un transformador depende no sólo de los requisitos de carga de CC sino también del tipo de filtro de salida de CC utilizado (condensador o inductor de entrada) y del tipo de rectificador utilizado (derivación central de onda completa o puente de onda completa). Con un filtro de entrada capacitiva, el efecto térmico en el secundario es mayor debido a la elevada relación entre el valor de cresta y el valor medio de la corriente. Los VA alimentados por el transformador podrían representar varias veces la energía suministrada a la carga. Los VA del devanado primario serán algo más altos debido a las pérdidas del transformador.

Un transformador funciona produciendo un campo magnético en su núcleo y devanados. La intensidad de este campo varía directamente con la tensión instantánea aplicada al devanado

primario del transformador. Estas variaciones, conectadas a los arrollamientos secundarios, producen la tensión de salida deseada. Puesto que el transformador aparece en la fuente como una inductancia en paralelo con la carga (equivalente), el primario aparecerá como un cortocircuito si se le aplica la CC. La inductancia no cargada del primario debe ser lo suficientemente alta para que no produzca una cantidad excesiva de corriente de entrada en la frecuencia de la línea de diseño (normalmente 50 ó 60 Hz). Ello se consigue suministrando una adecuada cantidad de vueltas al primario y materiales de núcleo magnético suficientes para que éste no se sature en la mitad de cada ciclo.

Para que se puedan evitar graves recalentamientos, los transformadores y otros equipos electromagnéticos diseñados para sistemas de 60 Hz no deben utilizarse en sistemas de energía a 50 Hz salvo que se diseñen específicamente para alimentar la frecuencia más baja.

5.4 Baterías y carga

La disponibilidad de equipos de estado sólido hace factible utilizar alimentación por batería en portátiles o en condiciones de emergencia. Los transeptores de mano y los instrumentos son aplicaciones obvias, pero los trasmisores-receptores de salida de 100 W podrían ser usuarios factibles de la alimentación por batería (por ejemplo, energía de emergencia para trasmisores-receptores de alta frecuencia).

Un equipo de baja potencia puede alimentarse por dos tipos de baterías. La batería *primaria* se concibe para utilizarse una vez y luego se descarga; la batería de *almacenamiento* (o *secundaria*) puede recargarse muchas veces.

Una batería es un grupo de celdas químicas conectadas normalmente en serie para suministrar el valor múltiple deseado de la tensión. Los distintos productos químicos utilizados en la batería proporcionan una tensión nominal particular. Esto debe tenerse en cuenta para componer una tensión de batería particular. Por ejemplo, cuatro pilas de carbón y zinc de 1,5 V componen una batería de 6 V y seis elementos de acumulador de plomo de 2 V componen una batería de 12 V.

5.4.1 Capacidad de la batería

El indicador común de la capacidad de la batería es el amperio-hora (Ah), es decir, el producto de la corriente de descarga por el tiempo. Se utiliza normalmente el símbolo C, C/10, por ejemplo, sería la corriente disponible durante 10 horas sin interrupción. El valor de C cambia con el régimen de descarga y podría ser de 110 a 2 A, pero sólo de 80 a 20 A. La capacidad puede variar de 35 mAh en el caso de algunas baterías pequeñas para aparatos de corrección auditiva a más de 100 Ah en el de un acumulador de ciclo intenso de tamaño 28.

Las pilas primarias selladas suelen beneficiarse de un uso intermitente (más bien que continuo). El periodo restante permite la finalización de las reacciones químicas necesarias para suprimir subproductos de la descarga.

La tensión de salida de todas las baterías disminuye a medida que se descargan. La condición "descargada" para un acumulador de plomo de 12 V, por ejemplo, no debería ser menor a 10,5 V. Es conveniente mantener también un registro de funcionamiento de las lecturas hidrométricas, pero las lecturas convencionales de 1,265 cargada y 1,100 descargada se aplica sólo a una descarga de régimen largo y bajo. Es posible que las cargas fuertes descarguen la batería reduciendo levemente la lectura del hidrómetro.

Las baterías que se enfrían tienen menos carga disponible y merece la pena intentar mantener caldeada una batería antes de su utilización. Una batería podría perder el 70% o más de su capacidad en condiciones de frío extremo, pero se recuperará con el calor. Todas las baterías tienen tendencia a congelarse, pero las que tienen cargas completas son menos susceptibles. Un

acumulador de plomo cargado completamente está seguro a $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ o a temperaturas inferiores. Es posible que las baterías de acumulador se calienten ligeramente en la carga o descarga. No se deben utilizar lámparas de soplete u otros medios de caldeo para calentar cualquier tipo de batería.

Un límite de descarga práctico tiene lugar cuando la carga no funciona de manera satisfactoria en la tensión de salida más baja cerca del punto "descargado". La mayoría de los dispositivos destinados a uso "móvil" podrían diseñarse para un promedio de 13,6 V y un nivel máximo de quizás 15 V, pero no funcionará correctamente por debajo de 12 V. Para la utilización completa de la carga de la batería, el dispositivo debe funcionar correctamente (si no a plena potencia) como mínimo a 10,5 V con un régimen nominal de 12 a 13,6 V.

Esta misma condición puede observarse de alguna manera al sustituir las pilas de carbón y zinc por acumuladores de níquel cadmio. Ocho pilas de carbón zinc producirán 12 V mientras que 10 proporcionan la misma tensión. Si se utiliza un soporte de batería de 10 pilas, el equipo debe diseñarse para 15 V en caso de que se conecten las unidades de carbón zinc.

5.4.2 Baterías primarias

Uno de los tipos más comunes de pilas primarias es la alcalina en la que se produce oxidación química durante las descargas. Cuando no hay corriente, la oxidación se detiene fundamentalmente hasta que se requiera la corriente. Sin embargo, una pequeña acción química continúa por lo que los acumuladores se degradarán con el tiempo hasta que la batería deje de suministrar la corriente deseada.

La batería alcalina tiene una tensión nominal de 1,5 V. Las pilas más grandes producen más miliamperios por hora y menos caídas de tensión que las pilas más pequeñas. Las baterías más resistentes e industriales suelen tener una vida de almacenamiento más larga.

Las baterías primarias de litio tienen una tensión nominal de unos 3 V por pila y una mejor capacidad de descarga, vida de almacenamiento y características de temperatura. Sus inconvenientes son el alto costo y que no pueden sustituirse fácilmente por otros tipos en situaciones de emergencia.

La batería de cloruro de tionil litio es una pila primaria y no debe recargarse en ninguna circunstancia. El proceso de carga da salida al hidrógeno y puede producirse una explosión catastrófica. Debe evitarse la carga accidental causada por errores de cableado o cortocircuito.

Las baterías de óxido de plata (1,5 V) y de mercurio (1,4 V) se utilizan cuando se requieren tensiones casi constantes con bajas corrientes durante periodos largos. Su aplicación primordial se encuentra en equipos pequeños.

Las baterías primarias no deben recargarse por dos razones: podría ser peligroso debido al calor generado en las pilas selladas e incluso en casos donde podría resultar satisfactorio, tanto la carga como la vida útil son limitadas. Un tipo de batería alcalina es recargable y viene indicado expresamente.

5.4.3 Baterías secundarias

El tipo más común de baterías pequeñas recargables es la de níquel cadmio (NiCd) con una tensión nominal de 1,2 V por pila. Si se utilizan con cuidado podrían durar ciclos de carga y descarga de 500 o más. Para una vida útil larga, la batería de NiCd no debería descargarse completamente. Si la batería cuenta con más de una pila, la pila más descargada podría sufrir una inversión de polaridad lo que daría lugar a un cortocircuito o a una ruptura del sellado. Todos los acumuladores tienen límites de descarga y los tipos NiCd no deben descargarse a menos de 1,0 V por pila. Las pilas de níquel cadmio no se limitan a pilas de tamaño "D" y más pequeñas. Cuentan además con una gran variedad que llega hasta unidades gigantes de 1 000 Ah que llevan dispositivos en los

lados y en los vértices para añadir agua de manera similar a los acumuladores de plomo. Se utilizan ampliamente para el suministro de energía sin interrupción.

Para capacidades elevadas, la batería recargable más utilizada es el tipo acumulador de plomo. En el servicio automotriz, se prevé normalmente que la batería se descargue parcialmente en una tasa muy alta y que se recargue inmediatamente, mientras que el alternador está también impulsando la carga eléctrica. La batería más adecuada para aplicaciones de electrónica de elevada energía a largo plazo es la denominada batería de "ciclo intenso". Estas baterías pueden suministrar entre 1 000 y 1 200 Wh por carga a temperatura ambiente. Si se utilizan adecuadamente se prevé que podrían durar más de 200 ciclos. Suelen tener dispositivos de izar y bornes de tornillo así como los terminales automotrices convencionales de cono truncado. Es posible que estén también equipadas con accesorios, por ejemplo, receptáculos de plástico para transportar con o sin cargadores incorporados. Las baterías de plomo están también disponibles con electrolito gelificado. Estas baterías denominadas normalmente "pilas de gel" podrían instalarse en cualquier posición sensible.

El acumulador de plomo para automotor se diseñó para una tarea esencial: suministrar mucha corriente durante un periodo de tiempo breve. Su tensión de salida no permanece constante durante el ciclo de descarga y no se debería descargar completamente. Una batería de automóvil no tolerará demasiados ciclos de descarga intensos antes de que se inutilice.

Un acumulador de plomo de descarga intensa se adapta mucho mejor a las necesidades de energía de emergencia. Puede descargarse repetidamente sin dañarse y mantendrá la tensión de salida completa durante la mayor parte de su ciclo de descarga. Este tipo de batería está disponible en los negocios de piezas de repuesto para el servicio automotor y marítimo. No son más caras que las baterías normales de los automóviles y se diseñan para suministrar corriente moderada durante largos periodos de tiempo.

La batería de hidruro de metal de níquel (NiMH) es similar a la de NiCd, pero el electrodo de cadmio se sustituye por uno fabricado de una aleación de metal poroso que retiene hidrógeno de ahí el nombre de hidruro de metal. Muchas de las características básicas de estas pilas son similares a las de NiCd. Por ejemplo, la tensión es casi la misma, pueden cargarse a régimen lento a partir de una fuente de corriente constante y someterse con seguridad a un ciclo intenso. Cabe destacar también algunas diferencias importantes: tienen una capacidad más elevada para el mismo tamaño de pila y a menudo casi el doble que las de los tipos de NiCd. La pila de NiMH de tamaño tradicional AA tiene una capacidad entre 1 000 y 1 300 mAh comparada con los 600 a 830 mAh para la pila de NiCd del mismo tamaño. Otra ventaja de estas pilas es su libertad completa del efecto memoria. Las pilas de NiMH no contienen sustancias peligrosas mientras que tanto las pilas NiCd como las de plomo contienen cantidades de metales muy tóxicos.

Las pilas de litio-ion (Li-ion) es otra alternativa posible de la pila de NiCd. Para el mismo almacenamiento de energía, tiene aproximadamente un tercio del peso y la mitad del volumen de la de NiCd. Cuenta también con un régimen de autodescarga más bajo. Normalmente, a temperatura ambiente, una pila de NiCd perderá de 0,5 a 2% de su carga por día. La pila de litio-ion perderá menos de 0,5% por día e incluso este régimen de pérdida disminuirá tras perder aproximadamente el 10% de la carga. En temperaturas más elevadas la diferencia es incluso mayor. Las pilas de litio-ion constituyen la mejor elección para funcionamiento de reserva donde no es posible recargar con frecuencia. Una diferencia importante entre las pilas de NiCd y de Li-ion es su tensión. La tensión nominal de una pila de NiCd es de 1,2 V aproximadamente y la de una pila de Li-ion de 3,6 V con una tensión máxima de carga de 4 V. Las pilas de Li-ion no pueden sustituirse directamente por pilas de NiCd. Los cargadores para las baterías de NiCd no deben utilizarse para las baterías de Li-ion y viceversa.

5.5 Inversores

Una fuente de energía de CA que se emplea en el terreno es un convertidor de CC a CA o más comúnmente un inversor. La salida de CA de un inversor es normalmente una onda cuadrada. Por consiguiente, algunos tipos de equipos no pueden funcionar desde el inversor. Algunos tipos de motor se encuentran entre esos dispositivos que precisan una salida de onda sinusoidal. Además de tener una salida de onda cuadrada, los inversores tienen algunos otros rasgos que hacen que se utilicen menos en el terreno. Normalmente los modelos disponibles no suministran una capacidad elevada de tratamiento de energía y los modelos con gran capacidad de energía disponibles son muy costosos.

5.6 Generadores

Para operaciones de emergencia a largo plazo es esencial disponer de un generador que suministrará energía mientras haya combustible. Sin embargo, es necesario un cuidado adecuado para que el generador funcione con fiabilidad.

Para los periodos en que el generador está apagado, se puede utilizar la energía de una batería hasta que se pueda reactivar el generador. Se debe verificar periódicamente el nivel de aceite del lubricante.

Si el cárter de aceite se vacía, el motor puede agarrotarse dejando la estación fuera de funcionamiento y con necesidad de reparación del motor que resulta muy costosa.

Recuérdese que el motor producirá gas de monóxido de carbono mientras funciona. El generador no debe funcionar nunca en el interior y se debe colocar lejos de ventanas y puertas abiertas para evitar que los gases del tubo de escape ingresen al interior.

Dos personas se pueden ocupar fácilmente de los generadores de la gama 3-5 kW y pueden suministrar energía para estaciones radioeléctricas y otros equipos eléctricos. La mayoría de los generadores suministran una salida de CC de 12 V además de una CA de 120/240 V.

Algunos generadores tienen una potencia nominal continua y una potencia nominal intermitente. Si el requisito total de la estación sobrepasa la energía del generador disponible, los transceptores extraen una energía total sólo en transmisión y no van a transmitir durante el 100% del tiempo. Es necesario asegurarse de que el consumo total de energía posible no sobrepasa la potencia nominal intermitente del generador.

Los generadores deben ser comprobados regularmente. El combustible debe ser nuevo. El mantenimiento a nivel de operador (puesta a punto o cambio del aceite) se ha de realizar periódicamente. Se deben comprobar detenidamente las bujías y mantener las de repuesto. El depurador del aire se debe comprobar y limpiar según las instrucciones del fabricante.

Se debe verificar el buen funcionamiento del generador. Si se producen pérdidas de combustible, debe apagarse inmediatamente y resolver el problema. Se debe revisar el silenciador. Todas las cubiertas de protección han de estar en su sitio. Se debe medir la tensión de salida. Si el generador no dispone de un protector de sobretensión incorporado, se debe corregir la tensión antes de suministrar energía al equipo radioeléctrico.

Por último, se debe comprobar el ruido radioeléctrico que produce el generador. Algunos generadores no suprimen completamente el ruido de encendido. Si surge un problema, se podrían utilizar bujías de tipo resistivo o hilos de bujías. Una toma de tierra adecuada con una varilla de tierra permitiría reducir el ruido.

5.6.1 Consideraciones sobre la instalación

Los motores de combustión interna son ruidosos y molestos cuando el equipo de comunicaciones está funcionando cerca. Es importante la ubicación de una planta eléctrica, sin tener en cuenta su tamaño. Un motor que funciona a 3 600 rotaciones por minuto incluso con un sistema de silenciador eficaz produce ruido y vibración. Las vibraciones del motor se dirigen a través de la base en la que el motor se instala en el suelo o en las paredes del edificio que alberga el sistema. Una construcción de ladrillos o de bloques de hormigón reducirá el nivel del ruido, pero si el armazón del generador es de metal el ruido es mayor. Las paredes metálicas pueden vibrar por efecto de resonancia con la fuente del sonido lo que aumentaría el nivel del ruido. La aplicación de una masilla de calafateo compacta a los lados verticales de la caseta de los paneles de metal elimina algunos ruidos al igual que la utilización de material insonorizado en el revestimiento de la choza.

Se debe tener en cuenta la distancia entre el alternador y el operador. La intensidad del sonido varía inversamente con el cuadrado de la distancia desde la fuente. El ruido a una distancia de 20 metros constituirá 1/4 de ese ruido a una distancia de 10 metros y de 1/9 a una distancia de 30 metros.

El consumo de combustible debe tenerse en cuenta desde el punto de vista de la instalación y como un problema de seguridad. Se utilizarán de 2 a 4 litros de combustible por hora en un generador de 2,5-5 kW. Se debe contar con un plan de reserva amplio de al menos 48 horas de funcionamiento. Si el combustible es gasolina, garantizar el almacenamiento puede ser un problema. Se debe almacenar gasolina en una zona independiente de la zona que alberga el generador y trasladar sólo el combustible necesario de una vez para rellenar el tanque de la unidad de energía. Si se encuentra en una zona en la que se suministra gas propano o gas natural, se deberían tener en cuenta estas opciones como una fuente de combustión. Algunos alternadores se suministran con capacidades de combustible múltiple (gasolina o gas natural/propano). Para el gas natural o el propano se necesita un sistema de carburación especial.

5.6.2 Mantenimiento del generador

Es necesario un mantenimiento correcto del generador de gasolina para obtener una salida nominal y una larga duración del servicio. Una serie de medidas simples prolongarán la vida útil del equipo y servirán para mantener su fiabilidad.

El manual del fabricante debe ser la fuente principal de información sobre el mantenimiento y la palabra autorizada sobre los procedimientos de funcionamiento y seguridad. Todas las personas que trabajen y mantengan la unidad deben leer cuidadosamente el manual.

El combustible debe ser puro, nuevo y de buena calidad. Los problemas de combustible causan muchos inconvenientes en los generadores de gasolina. Entre los ejemplos cabe citar la suciedad o el agua en el combustible. La gasolina almacenada durante cualquier periodo de tiempo cambia a medida que los componentes más volátiles se evaporan. Ello deja una cantidad excesiva de sustancias como el barniz que obstruirán los conductos del carburante. Si el generador se almacena durante un largo periodo, conviene que esté en funcionamiento hasta que todo el combustible se consuma. Las bujías defectuosas son una causa corriente de los problemas de encendido. Las bujías de repuesto deben mantenerse con la unidad junto con las herramientas necesarias para cargarlas.

5.6.3 Toma de tierra del generador

Por razones de seguridad y para garantizar el funcionamiento adecuado del equipo alimentado desde la unidad es necesaria una toma de tierra adecuada para el generador. La mayoría de los generadores de suministran con una salida de tres hilos. Algunos generadores necesitan que el armazón se conecte también al suelo. Una varilla o tubo adecuados deben ponerse en contacto con el suelo cerca del generador y conectarse al fijador o terminal provistos.

5.7 Energía solar

Una célula solar es un semiconductor muy sencillo. De hecho, las células solares son diodos semiconductores de gran superficie. En pocas palabras, si los fotones contenidos en los rayos de luz bombardean la barrera de este semiconductor, se liberan los pares hueco-electrón dentro de la unión P-N produciendo una polarización en sentido directo de esta capa al igual que en los fototransistores. Esta capa polarizada en sentido directo puede suministrar corriente a un circuito de carga. Dado que la superficie expuesta de una célula solar puede ser bastante grande, la corriente directa a transmitir puede ser sustancial. De esto se deduce que la corriente de salida de una fotocélula es directamente proporcional al índice de bombardeo de protones y, por consiguiente, a la superficie expuesta de la fotocélula.

5.7.1 Tipos de células solares

En un principio, las células solares se fabricaban cortando láminas de varillas de cristal de silicio cultivado y sometiéndolas a un proceso de impurificación y metalización. Estas células solares se denominan células monocristalinas porque cada unidad se compone sólo de una placa de cristal. La forma de estas células es la misma que la de la varilla de silicio de la que se cortan en círculos. Una plaqueta de este material con una superficie de 50 mm puede fabricarse dentro de una fotocélula, pero una plaqueta de este tamaño podría utilizarse también para producir miles de transistores.

La mayoría se protegen de la polaridad con un diodo en serie con la línea de tensión positiva. Cuando oscurece y la tensión de salida cae, el diodo garantiza que el panel no comience a extraer corriente de la batería.

Los paneles solares suministran normalmente entre 15 a 18 V de 600 a 1 500 mA con plena luz del sol. Ello no perjudicará una batería de elevada capacidad, por ejemplo, una unidad de ciclo intenso. Todo lo que se debe hacer es conectar la batería, colocar el panel solar en plena luz del sol y cargarla. La batería regulará la tensión máxima del panel.

Si se va a utilizar un panel solar para recargar una batería más pequeña, como por ejemplo una batería de níquel cadmio (NiCd) o una batería de plomo de electrolito gélido, se necesitará prestar un poco más de atención a los detalles. Estos tipos de baterías pueden sufrir daños si se cargan demasiado deprisa por lo que es necesario una carga regulada.

Un convertidor de CC a CA o un inversor convierte 12 V a una salida de CA de onda cuadrada de aproximadamente 60 Hz. Sin embargo, los inversores están limitados de unos 100 a 400 W y algunos equipos (especialmente los motores) no pueden alimentarse con una onda cuadrada. Un inversor funcionará con algunas bombillas de luz o un soldador pequeño y puede ser una adición útil a una estación que funciona con baterías. Algunos modelos nuevos utilizan tecnología de la conmutación y son muy ligeros.

Las células policristalinas se fabrican normalmente como bloques rectangulares de, al parecer, cristales de silicio dispuestos al azar de los que se cortan las placas de las células. Estas células se reconocen por su forma, modelo aleatorio y superficie de colores. Las células policristalinas son menos costosas de fabricar que las células monocristalinas. Muchos fabricantes ponen a disposición paneles amorfos fiables. Estos paneles son de muy distintas formas: montados en cristal fino, enmarcados e incluso armados en sustratos flexibles, como por ejemplo el acero.

5.7.2 Especificaciones de células solares

De acuerdo con la construcción, cada célula tiene un circuito abierto, cuando se expone al sol, de 0,6 a 0,8 V. Esta tensión de salida cae cuando la corriente se alimenta de una célula solar. Esto se denomina la *curva de carga* de la célula. La tensión de circuito abierto es de 0,7 V aproximadamente y la tensión de salida en una carga óptima es normalmente de 0,45 V. La corriente de salida alcanza el máximo con terminales de salida en cortocircuito. Esta corriente

máxima se denomina "corriente de cortocircuito" y depende del tipo y el tamaño de la célula. Dado que la corriente de salida de una célula permanece relativamente constante en condiciones de carga variable, puede considerarse como una fuente de corriente constante.

Como ocurre con las baterías, las células solares pueden funcionar en serie para aumentar la tensión de salida y/o en paralelo para incrementar la capacidad de la corriente de salida. Algunos fabricantes suministran agrupaciones o paneles de células solares en una interconexión-serie paralela que se utilizarán, por ejemplo, para cargar la batería.

Se han desarrollado técnicas para la fabricación de células amorfas según las cuales éstas se fabrican en serie cortando capas de metal a las que se les ha depositado vapor sobre la masa de silicio amorfa. Este corte se realiza con láser. La anchura de la célula de esos paneles puede ser de hasta algunas decenas de centímetros y la capacidad de la corriente de salida de estos paneles relativamente económicos es excelente.

La eficacia de la célula solar varía: la célula monocristalina tiene un rendimiento superior al 15%; las células policristalinas del 10 al 12% y las células amorfas del 6,5 a más del 10%, dependiendo del proceso de fabricación.

La potencia de salida de los conjuntos o paneles solares se especifica en vatios. Por lo general, la potencia nominal en vatios indicada es la medida en exposición total a la luz del sol, es decir 7 V para un sistema de 6 V, 14 V para un sistema de 12 V, y así sucesivamente. Se puede calcular la corriente máxima que se prevé de un panel solar dividiendo la potencia de salida específica por la extensión del panel.

5.7.3 Almacenamiento de la energía solar

Dado que en muchos sitios el sol no brilla las 24 horas del día, se deben utilizar algunos métodos para el almacenamiento de la energía recogida. Las baterías se suelen utilizar a este respecto. La capacidad de una batería se expresa normalmente en amperios-horas (Ah) o en miliamperios-horas (mAh). Este índice es simplemente el producto de la corriente de descarga y el tiempo de descarga en horas. Por ejemplo, una batería de buena calidad de NiCd de una carga total de 500 mAh puede suministrar una corriente de descarga de 100 mA durante 5 horas o de 200 mA durante 2 horas y media antes de que se precise recargarla. Se suelen utilizar tres tipos de baterías recargables:

- Las baterías de níquel cadmio (NiCd) se emplean principalmente para aplicaciones de energía muy baja, por ejemplo, transceptores de mano, exploradores, etc. El desarrollo de aparatos electrónicos para el consumidor ha contribuido al rápido aumento de la disponibilidad (y de alguna manera a la no tan rápida disminución del costo) de las baterías de NiCd. La ventaja principal de estas baterías es que están herméticamente selladas, funcionan en cualquier posición y tienen un buen servicio de vida útil (varios cientos de ciclos de carga y descarga), si se conservan adecuadamente.
- Las baterías de plomo de electrolito gelificado están herméticamente selladas y disponibles en capacidades desde menos de 1 Ah a más de 50 Ah. Son perfectas para el suministro de energía a una estación radioeléctrica, pero su costo (para capacidades por encima de 10 Ah) es muy alto, si bien la utilización en estaciones portátiles y de baja energía de este tipo de batería es difícil de superar. Estas baterías pueden funcionar en cualquier posición, pero deben cargarse en posición vertical. Si se conservan adecuadamente (en estas condiciones no se produce la inversión de la polaridad con descargas de células intensas y se almacenan en estado de plena carga), las células gelificadas duran mucho tiempo (500 o más ciclos).
- Otras baterías de plomo que están disponibles son: la versión automotriz normalizada, la versión de descarga intensa para vehículos marítimos/de recreo y la variedad de carrito de golf. Diferencias: las baterías automotrices suelen fallar (debido a la placa delgada y al material aislante utilizado en su construcción), dando lugar a cortocircuitos internos

prematuras. Las baterías de los vehículos marítimos y de recreo así como las del tipo carrito de golf tienen una placa más gruesa con un aislador más rígido entre ellas por lo que estas baterías pueden soportar descargas más intensas sin deformación de la placa y fallos internos. Las baterías de descarga intensa proporcionan el mejor valor en una estación de radioaficionados. Algunas de estas baterías requieren atención (debe mantenerse el nivel del electrolito) y duran más tiempo cuando se mantienen cargadas. Dado que estas baterías utilizan un electrolito húmedo (agua) y que la mayoría de ellas no se sellan herméticamente, deben mantenerse en posición vertical.

5.7.4 Aplicación típica

Se ilustra un ejemplo práctico de cómo calcular los requisitos de alimentación para una estación radioeléctrica de ondas decamétricas que funciona por la energía solar. Lo primero que se debe hacer es definir la demanda de energía. Supóngase un transmisor de 100 W. La hipótesis es que 100 W es el nivel máximo de consumo de energía y aparece sólo durante la explotación en onda continua (radiotelegrafía) y en los niveles máximos de voz en BLU se manifiestan cuando se proporciona un suministro nominal de 13,6 V (una batería cargada completamente).

La manera más fiable de calcular los requisitos reales de energía es determinar la energía utilizada durante un periodo de tiempo más largo, supóngase una semana o un mes. Dado que la mayoría de las personas tiene hábitos que se repiten más o menos todas las semanas, se tomará una semana como el periodo base. (Se pueden sustituir números para adaptar este cálculo al transmisor en circunstancias normales de explotación.) Se supone que el transmisor está encendido durante cinco días. De cada periodo de dos horas, una hora y media transcurre haciendo escucha y la media hora restante transmitiendo. Se supone que el consumo de corriente del tranceptor durante la recepción es de 2 A; durante los niveles máximos de transmisión de 100 vatios, la corriente suministrada es de 20 A. El manual del transmisor para el usuario debe señalar el consumo máximo de CC. El promedio del consumo de corriente durante la transmisión en BLU es de sólo unos 4 A. Por consiguiente, se necesita una batería que pueda suministrar una corriente máxima de al menos 20 A y una corriente media de 4 A. A continuación se calcula el total de la energía consumida en amperios horas durante el periodo de una semana:

Recepción: $2 \text{ A} \times 2\frac{1}{2} \text{ horas/día} \times 5 \text{ días} = 25 \text{ Ah}$

Transmisión: $4 \text{ A} \times \frac{1}{2} \text{ hora/día} \times 5 \text{ días} = 10 \text{ Ah}$

El total de la energía utilizada por semana es de $25 + 10 = 35 \text{ Ah}$, y por día (el promedio) es de $35 \div 7 = 5 \text{ Ah}$. Si se dispone de un sistema perfecto, bastaría con suministrar 35 Ah por semana (5 Ah por día) a la batería. En la práctica, las imperfecciones en la fabricación de las baterías causan algunas pérdidas (autodescarga) que se deben compensar con el sistema de carga.

A continuación, se calcula la capacidad mínima de la batería requerida para esta aplicación. El sistema se debe diseñar a fin de disponer de la energía suficiente para que el equipo funcione durante dos días consecutivos sin sol. (Esto es bastante arbitrario –algunos lugares son peores que otros a este respecto.) Dado que estos días con menos sol podrían ser días en los que el funcionamiento es necesario y puesto que no es conveniente descargar una batería menos del 50% de su capacidad (para una duración útil máxima de la batería), esta batería debe tener una capacidad de un mínimo de $2 \text{ (días)} \times 5 \text{ (Ah)} \div 0,5 \text{ (para la capacidad restante de carga del 50\% después de tres días sin brillar el sol)} = 20 \text{ Ah}$. Si en el lugar no suele brillar el sol durante toda una semana, el requisito de la batería sería $7 \times 5 \div 0,5 = 70 \text{ Ah}$. Añádase aproximadamente el 10% a esta cifra para compensar la autodescarga y otras pérdidas. (Normalmente esto equivale a obtener la batería de tamaño mayor siguiente que la que se indicó en los cálculos iniciales.)

Para mantener la batería lo suficientemente cargada, se debe calcular primero el promedio de la cantidad de horas de sol por año en la zona. Esta información se puede encontrar en un anuario. Como guía, el promedio de la exposición solar anual es de aproximadamente 3 200 horas al año en las regiones soleadas y menor en otros sitios (inferior a unas 1 920 horas por año en los climas más nórdicos).

El panel solar debe prepararse en una posición fija con un ángulo óptimo en relación con la Tierra. En las zonas templadas podría variar de unos 30° en el verano hasta unos 60° en invierno. Los paneles solares de instalación fija no pueden captar el máximo de energía del sol por razones obvias. En la práctica, reciben sólo el 70% del tiempo soleado total lo que significa entre 1 340 y 2 240 horas al año (entre 26 y 43 horas por semana) dependiendo del lugar.

La planificación del sistema restante resulta sencilla. Los cálculos anteriores indicaron que las células solares deben recargarse 35 Ah por semana, más 10% para compensar las pérdidas o aproximadamente 38,5 Ah o la capacidad de la batería. Con la energía solar disponible en los Estados del sur y sudoeste de los Estados Unidos durante 43 horas por semana, la corriente de carga requerida es de $38,5 \text{ Ah} \div 43 \text{ horas de sol} = 0,9 \text{ A}$. En la parte norte de los Estados Unidos es de $38,5 \text{ Ah} \div 25,8 \text{ horas} = 1,5 \text{ A}$.

En el sistema de 12 V descrito aquí, el panel solar funciona con una batería de unos 13,6 V cargada completamente más la caída de tensión de un diodo en serie. Con una tensión de panel de 14 V cargada completamente, se necesita en climas del norte un panel nominal de 21 W ($14 \text{ V} \times 1,5 \text{ A}$). En la práctica, esta potencia puede obtenerse de un panel solar de buena calidad con una superficie tan pequeña como 65 cm². En regiones soleadas se podría necesitar sólo 12,6 W ($14 \text{ V} \times 0,9 \text{ A}$) de la energía solar.

5.7.5 Algunos consejos prácticos

Los paneles solares pueden conectarse en serie para suministrar tensión de salida cada vez mayor. Si la salida total de la agrupación de la célula sobrepasa los 20 V, los diodos derivados pueden conectarse en paralelo para obtener una capacidad de corriente de salida cada vez mayor.

Se deben instalar diodos en serie para prevenir la descarga de la batería en los paneles. En aplicaciones en las que es importante mantener la caída de tensión más baja (y la pérdida mínima de corriente de carga) se puede utilizar un diodo Schottky.

Se deben tomar precauciones para prevenir la sobrecarga de la batería y la descarga de gas correspondiente dentro de la batería. Varios fabricantes suministran reguladores de carga simples que sirven para este fin desconectando el panel solar de la batería cuando está cargada completamente. Algunos de estos cargadores permiten cargar a fin de reanudar cuando la batería ha alcanzado un nivel apreciable de descarga.

NOTA – Estos valores son válidos sólo para baterías de plomo y se cuenta totalmente con diferentes criterios de carga para las baterías de NiCd.

5.7.6 Instalación de paneles solares

Si se planifica utilizar paneles solares de forma permanente, se debe tener en cuenta su instalación a nivel terrestre en un marco simple de madera o metal o instalarlos en el tejado. La instalación en el tejado es más apropiada si éste está inclinado en el ángulo correcto (30 a 60°), y en la dirección adecuada (cualquier emplazamiento entre el sudeste y el sudoeste es admisible). La manera más sencilla de instalar paneles de forma permanente es con un adhesivo de silicona. En primer lugar, se deben instalar diodos en serie detrás de cada panel.

Si los paneles solares se van a situar en una zona donde podrían estar expuestos a la caída de rayos, es muy importante conectar a tierra las estructuras metálicas de los paneles solares. Se debería

utilizar un cable independiente para esta toma de tierra, es decir, un cable no combinado con uno de los conductores de alimentación.

6 Repetidores y redes con concentración de enlaces

6.1 Comunicación más allá de la línea de visibilidad directa mediante radioenlaces

En ondas métricas y decimétricas, se necesita algún tipo de sistema o red de radioenlaces para comunicaciones fiables más allá de la línea de visibilidad directa.

6.2 Repetidor terrenal

Para retransmitir señales entre puntos sin visibilidad directa, se podría utilizar una sola estación repetidora en un lugar favorable (en una montaña o en la parte superior de un edificio).

6.3 Sistemas de concentración de enlaces móviles terrestres con un controlador central

La concentración de enlaces es la compartición automática de un conjunto común de 10 o más frecuencias posibles en un sistema repetidor múltiple. La concentración de enlaces podría realizarse en un solo lugar o en múltiples lugares para una cobertura de zona amplia.

Los sistemas de concentración de enlaces se basan en la premisa de que cada usuario transmite sólo un pequeño porcentaje de tiempo, por lo que es posible suministrar más capacidad total en una banda que si cada estación o grupo de usuarios tuviera su propia frecuencia. Los repetidores vinculados suministran una cobertura geográfica mejor que un repetidor individual. Una red de concentración de enlaces comprende alguna redundancia que puede ser beneficiosa en situaciones de catástrofe. Si se acuerda de antemano, los sistemas de concentración de enlaces pueden incluir una característica de emergencia para las llamadas de voz o de transmisión de datos a unidades móviles específicas.

Un sistema de concentración de enlaces tiene al menos un canal de control que transmite continuamente datos digitales, obtenidos por el ordenador que son necesarios para controlar dispositivos radioeléctricos en vehículos y equipos de mano dentro de un alcance determinado. Los canales se asignan a un grupo sólo cuando hay tráfico, dejando los canales libres para otros usuarios. Esto se realiza de tal manera que los usuarios escuchan sólo el tráfico destinado a su grupo y de manera que sea totalmente transparente para los usuarios. Hay dos tipos de sistemas de control de concentración de enlaces conocidos como canal de control dedicado y canal de control distribuido. En el sistema de control dedicado, el canal de control funciona en una sola frecuencia. El tipo de canal distribuido utiliza cualquier canal libre para el control de las transmisiones.

Las unidades móviles son identificadores asignados y un repetidor local. Cuando una unidad móvil no transmite, controla siempre al repetidor local para obtener mensajes de datos. Cuando un móvil transmite, se identifica a través de un protocolo de toma de contacto digital que dura sólo una fracción de segundo.

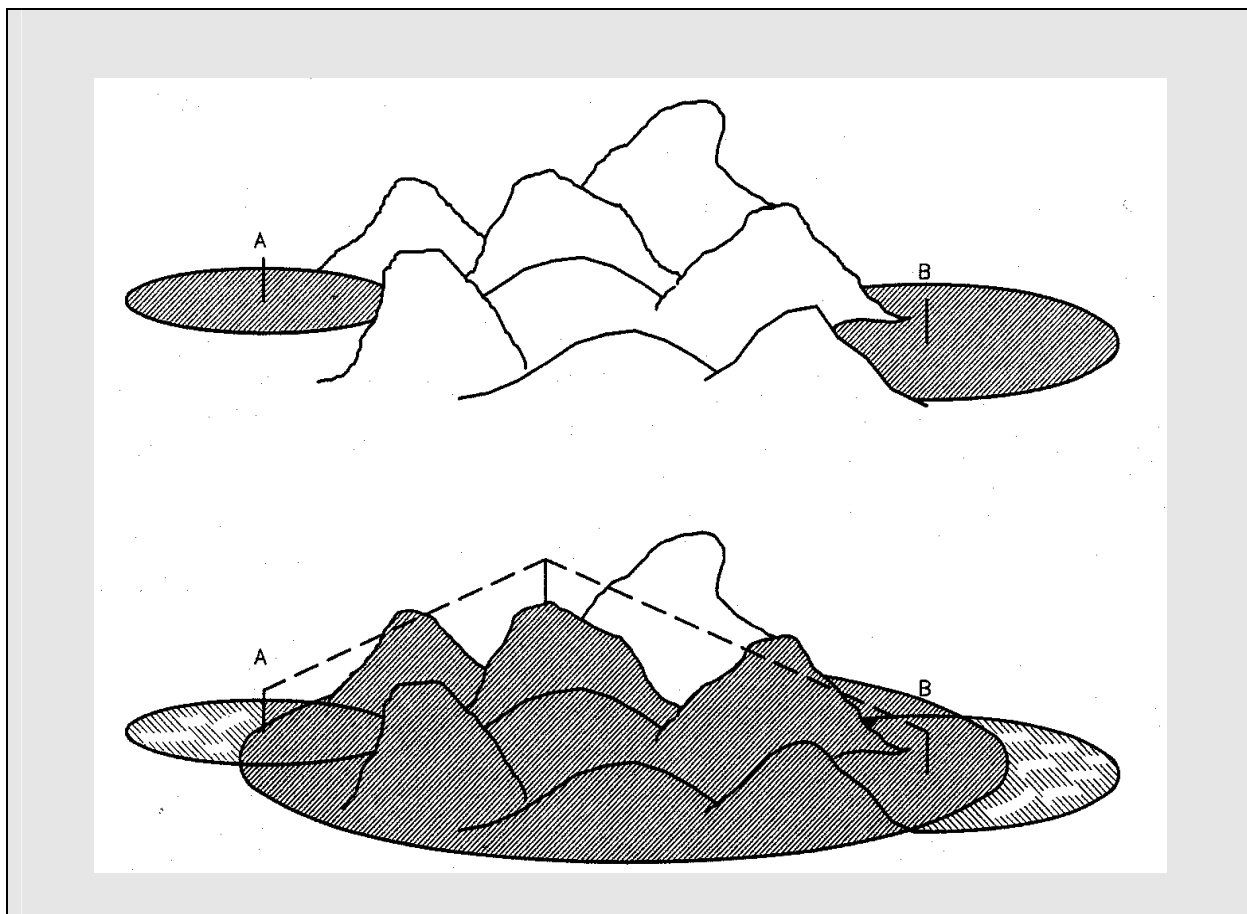
Las características de los sistemas móviles terrestres digitales se describen en el Informe UIT-R M.2014. Estos sistemas incluyen una capacidad troncal y no troncal que posibilita la instalación de llamadas directas de móvil a móvil y vocales en grupo con opciones para el usuario procurando que la llamada sea selectiva y segura.

6.4 Sistemas de concentración de enlaces móviles terrestres sin un controlador central

Existen también sistemas de concentración de enlaces que utilizan técnicas de acceso multicanal y protocolos adecuados que no requieren un controlador central para la detección de un canal radioeléctrico libre, conocido como "sistema de radiocomunicaciones personales" y "sistema de

radiocomunicaciones digitales de corto alcance". Ambos sistemas funcionan en la banda de frecuencias de 900 MHz. Proporcionan hasta 80 canales y utilizan una potencia de hasta 5 W. En la Recomendación UIT-R M.1032 figuran más detalles sobre estos sistemas.

Figura 16 – En el esquema superior, las estaciones A y B son incapaces de comunicarse entre sí porque las montañas bloquean la propagación. En el esquema inferior, una estación repetidora es capaz de transmitir señales entre las estaciones A y B



Todos los equipos radioeléctricos del sistema permanecen normalmente en estado de reposo en un canal de control, preparados para recibir una señal de llamada selectiva. La estación que llama efectúa una exploración hasta que encuentra un canal de tráfico desocupado y almacena el número de dicho canal en su memoria. A continuación, transmite por un canal de control una señal de llamada selectiva que incluye, al menos, su propia identidad, la identidad de la estación llamada y el número del canal desocupado identificado. Las estaciones en reposo detectan su código de identidad en la señal recibida, se conmutan al canal de tráfico indicado y se incorporan a la comunicación. Al finalizar la comunicación, todas las unidades vuelven al estado de reserva.

Lista de abreviaturas

A	Amperio (<i>ampere</i>)
A/D	Analógico a digital (<i>analogue-to-digital</i>)
AC	Corriente alterna (<i>alternating current</i>)
ACNUR	Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados
Ah	Amperio-hora (<i>ampere-hour</i>)
AMTOR	Teleimpresión de aficionados por radio (<i>amateur teleprinting over radio</i>)
ARES	Servicio de emergencia de radioaficionados (<i>amateur radio emergency service</i>)
ARQ	Petición de repetición automática (técnica de error-control) (<i>automatic repeat request (error-control technique)</i>)
AX.25	Protocolo de la capa de enlace de radioaficionados por paquetes (<i>amateur packet radio link layer protocol</i>)
BLU	Banda lateral única
CANTO	Asociación de operadores de telecomunicaciones nacionales del Caribe
CDERA	Organismo caribeño de respuesta de emergencia para situaciones de catástrofe
CENTREX	Servicio con funciones de PABX (<i>central exchange</i>)
CICR	Comité Internacional de la Cruz Roja
CMDT	Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
COW	Células sobre ruedas (<i>cell on wheels</i>)
CP	Puesto de mando (<i>command post</i>)
CQ	Llamada general (a todas las estaciones radioeléctricas) (<i>general call (to all radio stations)</i>)
CW	Onda portadora (radiotelegrafía Morse) (<i>carrier wave (Morse radiotelegraphy)</i>)
DAH	Departamento de Asuntos Humanitarios (actualmente OCHA)
DAMA	Acceso múltiple con asignación por demanda (<i>demand assigned multiple access</i>)
DDI	Marcación directa de extensiones (<i>direct dial in</i>)
DECT	Telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas (<i>digital enhanced cordless telephone</i>)
DMT	Equipo de gestión de actividades en situaciones de catástrofe (ONU) (<i>disaster management team (UN)</i>)
DSC	Llamada selectiva digital (<i>digital selective calling</i>)
DSL	Línea digital de abonado (<i>digital subscriber line</i>)
DSP	Tramitación de la señal digital (<i>digital signal processing</i>)
EDGE	Velocidad de datos mejorada para la evolución de las GSM (<i>enhanced data rates for GSM evolution</i>)
ELT	Transmisor de localización de emergencias (<i>emergency location transmitter</i>)
EOC	Centro de operaciones de emergencia (<i>emergency operations center</i>)
Fax	Facsímil (<i>facsimile</i>)
FD	Simulacro (aficionado) (<i>field day (amateur)</i>)
FEC	Corrección de errores en recepción (<i>forward error correction</i>)
FI	Frecuencia intermedia

FSTV	Televisión de exploración rápida (<i>fast scan television</i>)
FTP	Protocolo de transferencia de ficheros (<i>file transfer protocol</i>)
GAN	Red de área global (<i>global area network</i>)
GETS	Telecomunicaciones gubernamentales de emergencia (<i>government emergency telecommunications</i>)
GLONASS	Sistema mundial de navegación por satélite (<i>global navigation satellite system</i>)
GMPCS	Comunicaciones personales móviles mundiales por satélite (<i>global mobile personal communications by satellite</i>)
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición (<i>global positioning system</i>)
GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles (<i>global system for mobile communications</i>)
GTC	Telecomunicaciones Grameen (<i>Grameen Telecom</i>)
HAZMAT	Materiales peligrosos (<i>hazardous materials</i>)
HTML	Lenguaje de etiquetado hipertexto (<i>hypertext markup language</i>)
IARU	Unión Internacional de Radioaficionados (ONG) (<i>International Amateur Radio Union (NGO)</i>)
IASC	Comité Permanente entre Organismos (órgano consultivo de la ONU) (<i>Inter Agency Standing Committee (UN advisory body)</i>)
ICET	Conferencia intergubernamental sobre telecomunicaciones en casos de emergencia (<i>Intergovernmental Conference on Emergency Telecommunications</i>)
IDNDR	Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (<i>International Decade for Natural Disaster Reduction</i>)
IEPREP	Preparación Internet para casos de emergencia (<i>Internet emergency preparedness</i>)
IFRC	Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (<i>International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
ITA	Alfabeto telegráfico internacional
kW	Kilovatios (<i>kilowatt</i>)
LAN	Red de área local (<i>local area network</i>)
LEO	Satélite en órbita terrena baja (<i>low earth orbit satellite</i>)
LES	Estación terrena terrestre (<i>land earth station</i>)
MA	Modulación de amplitud
MESA	Movilidad para aplicaciones de emergencia y seguridad (<i>mobility for emergency and safety applications</i>)
MF	Modulación de frecuencia
MMSI	Indicador del servicio móvil marítimo (<i>maritime mobile service indicator</i>)
NCS	Estación de control de red (<i>net control station</i>)
NGN	Redes de próxima generación (<i>next generation networks</i>)
NiCd	Níquel cadmio (pila) (<i>nickel cadmium (cell)</i>)
NiMH	Hidruro de metal de níquel (pila) (<i>nickel metal hydride (cell)</i>)
NOTAM	Aviso a los aviadores (<i>notice to airmen</i>)
NVIS	Onda ionosférica de incidencia casi vertical (propagación) (<i>near-vertical-incidence-sky wave (propagation)</i>)
OACI	Organización de la Aviación Civil Internacional

OCHA	Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (ONU) (<i>Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UN)</i>)
OMI	Organización Marítima Internacional
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización no gubernamental
ONUG	Oficina de las Naciones Unidas en Ginebra (<i>United Nations Organisation, Geneva</i>)
OSG	Órbita de los satélites geoestacionarios
OSIA	Oficina de Servicios Interinstitucionales de Adquisición (PNUD)
OSOCC	Centro de coordinación de operaciones en el lugar (<i>on-side operations co-ordination centre</i>)
PACTOR	Transmisión de paquetes por medios radioeléctricos (<i>packet transmission over radio</i>)
PBBS	Tablón de anuncios por paquetes (<i>packet bulletin board system</i>)
PBX	Centralita privada (<i>private branch exchange</i>)
PCS	Sistema de comunicaciones personales (<i>personal communications systems</i>)
PLB	Radiobaliza de localización personal (<i>personal locator beacon</i>)
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POP	Protocolo de oficina postal
POTS	Servicio telefónico convencional (<i>plain old telephone system</i>)
PPDR	Protección pública y operaciones de socorro (<i>public protection and disaster relief</i>)
PSAP	Punto de acceso público (<i>public access point</i>)
RBGAN	Red de área global de banda ancha regional (<i>regional broadband global area network</i>)
RBS	Estación radioeléctrica de base (<i>radio base station</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RF	Frecuencia radioeléctrica (<i>radio frequency</i>)
RMTP	Red móvil terrestre pública
ROBO	Oficina a distancia o sucursal (<i>remote office – branch office</i>)
ROE	Relación de ondas estacionarias
RPV	Red privada virtual (<i>virtual private network</i>)
RTPC	Red telefónica pública conmutada
RTTY	Radioteletipo (radiotelégrafo de impresión directa de banda estrecha) (<i>radioteletype (narrow-band direct-printing radiotelegraph)</i>)
SCIP	Protocolo de interoperabilidad para comunicaciones seguras (<i>secure communication interoperability protocol</i>)
SDR	Unidad suiza de socorro en situaciones de catástrofe, equipo radioeléctrico especificado por soporte lógico (<i>Swiss disaster relief unit, software defined radio</i>)
SELCAL	Llamada selectiva (<i>selective calling</i>)
SET	Prueba de emergencia simulada (<i>simulated emergency test</i>)
SITOR	Teletipo simplex por radio (sistema radiotelegráfico de impresión directa de banda estrecha utilizado en el servicio móvil marítimo) (<i>simplex teletype over radio (narrow-band direct-printing radiotelegraphy system used in the maritime mobile service)</i>)
SMSSM	Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos

SOHO	Pequeña oficina en la vivienda (<i>small office – home office</i>)
SOLAS	Seguridad de la vida humana en el mar (<i>safety of life at sea</i>)
SRSA	Entidad sueca de servicios de rescate (<i>Swedish rescue services agency</i>)
SSTV	Televisión de exploración lenta (<i>slow scan television</i>)
TCO	Funcionario de coordinación de las telecomunicaciones (<i>telecommunications coordination officer</i>)
TCP/IP	Protocolo de control de transmisión/protocolo Internet (<i>transmission control protocol/Internet protocol</i>)
TNC	Controlador terminal de nodos (radiotransmisión de paquetes) (<i>terminal node controller (packet radio)</i>)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-D	Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones (UIT)
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones (UIT)
UIT-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT)
UNDAC	Evaluación y coordinación en casos de desastre de las Naciones Unidas (<i>United Nations disaster assessment and coordination</i>)
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (<i>United Nations Children's Fund</i>)
USAT	Terminal de abertura ultrapequeña (<i>ultra small aperture terminal</i>)
USB	Banda lateral superior (<i>upper side band</i>)
USD	Dólar de Estados Unidos (<i>United States dollar</i>)
UWB	Banda ultraancha (<i>ultra wide band</i>)
V	Voltio
VSAT	Terminal de muy pequeña abertura (<i>very small aperture terminal</i>)
W	Vatio (<i>watt</i>)
WAN	Red de área extensa (<i>wide area network</i>)
WAP	Protocolo de acceso inalámbrico (<i>wireless access protocol</i>)
WGET	Grupo de trabajo sobre telecomunicaciones en situaciones de emergencia (<i>working group on emergency telecommunications</i>)
WI-FI	Alta fidelidad inalámbrica (<i>wireless fidelity</i>)
WLL	Bucle local inalámbrico (se suele sustituir por acceso inalámbrico fijo) (FWA) (<i>wireless local loop (generally replaced by fixed wireless access (FWA))</i>)
WWRF	Foro Mundial de Investigación (<i>World Wide Research Forum</i>)

Señales de código Morse ¹

1.1 Los caracteres escritos que pueden utilizarse y que corresponden a señales de código Morse son los siguientes:

1.1.1 Letras

a .- i .. r .-.

¹ De la Recomendación UIT-T F.1 División B.

	b -...	j .----	s ...
	c -.-. .	k -. .-	t -
	d -..	l .-..	u ..-
	e .	m --	v ...-
acentuada	e ..-..	n -. .	w .--
	f ..-. .	o ---	x -..-
	g --. .	p .--. .	y -. --
	h	q --. -	z --..

1.1.2 Cifras

1 .-----	6 -....
2 ..----	7 --...
3 ...--	8 -- ..
4-	9 -----.
5	0 -----

1.1.3 Signos de puntuación y signos varios

Punto	[.]	.-.-. .-
Coma	[,]	--..--
Dos puntos o signo de división	[:]	---...
Interrogación final o petición de repetición de una transmisión no entendida	[?]	..--..
Apóstrofe	[']	.-....
Guión o signo de sustracción	[-]	-....-
Barra de fracción o signo de división	[/]	-..-. .
Paréntesis izquierdo (abrir)	[(]	-.--.
Paréntesis derecho (cerrar)	[)]	-.--..
Comillas (antes y después de las palabras)	[" "]	.-...-
Doble raya	[=]	-...-
Enterado-
Signo arroba para correo-e.....	[@]	---.---.
Error (ocho puntos)
Cruz o signo de adición	[+]	.-.-. .
Invitación a transmitir		-. -
Espera-....
Fin de trabajo-. .-
Señal de comienzo (comienzo de toda transmisión)		-.-. .-
Signo de multiplicación	[×]	-...-

Cuadro para el deletreo de letras²

Letra a transmitir	Palabra de código	Pronunciación de la palabra de código
--------------------	-------------------	---------------------------------------

² Del Apéndice S14 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

A	Alfa	<u>AL</u> FA
B	Bravo	<u>BRA</u> VO
C	Charlie	<u>CHAR</u> LI
D	Delta	<u>DEL</u> TA
E	Echo	<u>EC</u> O
F	Foxtrot	<u>FOK</u> TROT
G	Golf	GOLF
H	Hotel	HO <u>TEL</u>
I	India	<u>IN</u> DI A
J	Juliett	<u>YU</u> LI ET
K	Kilo	<u>KI</u> LO
L	Lima	<u>LI</u> MA
M	Mike	<u>MA</u> IK
N	November	NO <u>VEM</u> BER
O	Oscar	<u>OS</u> CAR
P	Papa	PA <u>PA</u>
Q	Quebec	QUE <u>BEK</u>
R	Romeo	<u>RO</u> MEO
S	Sierra	SI <u>ER</u> RRA
T	Tango	<u>TANG</u> GO
U	Uniform	<u>IU</u> NI FORM o <u>U</u> NI FORM
V	Victor	<u>VIC</u> TOR
W	Whiskey	<u>UIS</u> KI
X	X-ray	<u>EX</u> REY
Y	Yankee	<u>IAN</u> QUI
Z	Zulu	<u>ZU</u> LU

Cuadro de cifras

Cifra o signo a transmitir	Pronunciación de la palabra de código ³ (OACI)	Palabra de código (Apéndice S14)	Pronunciación de la palabra de código (Apéndice S14)
0	ZE-RO	Nadazero	NAH-DAH-ZAY-ROH
1	WUN	Unaone	OO-NAH-WUN
2	TOO	Bissotwo	BEES-SOH-TOO
3	TREE	Terrathree	TAY-RAH-TREE
4	FOW er	Kartefour	KAR-TAY-FOWER
5	FIFE	Pantafive	PAN-TAH-FIVE
6	SIX	Soxisix	SOK-SEE-SIX
7	SEV en	Setteseven	SAY-TAY-SEVEN
8	AIT	Oktoeight	OK-TOH-AIT
9	NIN er	Novenine	NO-VAY-NINER
Coma decimal	DAY SEE MAL	Decimal	DAY-SEE-MAL
Centenas	HUN dred		
Miles	TOU SAND		

Código Q⁴

Se podrá dar un sentido afirmativo o negativo a ciertas abreviaturas del código Q transmitiendo, inmediatamente después de la abreviatura, la letra C o las letras NO respectivamente (en radiotelefonía se pronunciará CHARLIE y NO).

La significación de las abreviaturas del código Q podrá ampliarse o completarse mediante la adición de otras abreviaturas adecuadas, de distintivos de llamada, de nombres de lugares, de cifras, de números, etc. Los espacios en blanco, que figuran entre paréntesis, corresponden a indicaciones facultativas. Estas indicaciones se transmitirán en el orden en que se encuentran en el texto de los cuadros que se insertan a continuación.

Para dar a las abreviaturas del código Q la forma de pregunta, se transmitirán seguidas del signo de interrogación en radiotelegrafía y de RQ (ROMEO QUEBEC) en radiotelefonía. Cuando una abreviatura utilizada como pregunta vaya seguida de indicaciones adicionales o complementarias, convendrá transmitir el signo de interrogación (o RQ) después de estas indicaciones.

Las horas se darán en Tiempo Universal Coordinado (UTC), a no ser que en las preguntas o respuestas se indique otra cosa.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
-------------	----------	-------------------

³ De los Procedimientos de Radiotelefonía de la OACI.

⁴ De la Recomendación UIT-R M.1172, Abreviaturas y señales diversas que habrán de utilizarse para las radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo, Reglamento de Radiocomunicaciones (1998).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QRA	¿Cómo se llama su barco (o estación)?	Mi barco (o estación) se llama ...
QRB	¿A qué distancia aproximada está de mi estación?	La distancia aproximada entre nuestras estaciones es de ... millas marinas (o kilómetros).
QRG	¿Quiere indicarme mi frecuencia exacta (o la frecuencia exacta de ...)?	Su frecuencia exacta (o la frecuencia exacta de ...) es ... kHz (o MHz).
QRH	¿Varía mi frecuencia?	Su frecuencia varía.
QRI	¿Cómo es el tono de mi emisión?	El tono de su emisión es ... 1. bueno 2. variable 3. malo.
QRK	¿Cuál es la inteligibilidad de mi transmisión (o de la de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	La inteligibilidad de su transmisión (o de la de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos) es ... 1. mala 2. escasa 3. pasable 4. buena 5. excelente.
QRL	¿Está usted ocupado?	Estoy ocupado (o estoy ocupado con ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos). Le ruego no perturbe.
QRM	¿Está interferida mi transmisión?	La interferencia de su transmisión es: 1. nula 2. ligera 3. moderada 4. considerable 5. extremada.
QRZ	¿Quién me llama?	Le llama ... (en kHz (o MHz)).
QSA	¿Cuál es la intensidad de mis señales (o de las señales de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	La intensidad de sus señales (o de las señales de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos) es: 1. apenas perceptible 2. débil 3. bastante buena 4. buena 5. muy buena.
QSB	¿Varía la intensidad de mis señales?	La intensidad de sus señales varía.
QSO	¿Puede usted comunicar directamente (o por relevador) con ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	Puedo comunicar directamente (o por medio de ...) con ... (nombre o distintivo de llamada o los dos).
QSP	¿Quiere retransmitir gratuitamente a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	Retransmitiré gratuitamente a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos).
QSV	¿Debo transmitir una serie de V (o signos) para el ajuste en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz))?	Transmita una serie de V (o signos) para el ajuste en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)).
QSW	¿Quiere transmitir en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)) (en emisión de clase ...)?	Voy a transmitir en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)) (en emisión de clase).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QSX	¿Quiere escuchar a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) en ... kHz (<i>o MHz</i>) o en las bandas .../canales ...?	Escucho a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) en ... kHz (<i>o MHz</i>) o en las bandas .../ canales ...
QSY	¿Tengo que pasar a transmitir en otra frecuencia?	Transmita en otra frecuencia (<i>o en ... kHz (o MHz)</i>).
QSZ	¿Tengo que transmitir cada palabra o grupo varias veces?	Transmita cada palabra o grupo dos veces (<i>o ... veces</i>).
QTA	¿Debo anular el telegrama (<i>o el mensaje</i>) número ...?	Anule el telegrama (<i>o el mensaje</i>) número ...
QTC	¿Cuántos telegramas tiene por transmitir?	Tengo ... telegramas para usted (<i>o para ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)</i>).
QTH	¿Cuál es su situación en latitud y en longitud (<i>o según cualquier otra indicación</i>)?	Mi situación es ... de latitud, ... de longitud (<i>o según cualquier otra indicación</i>).
QTR	¿Qué hora es, exactamente?	La hora exacta es ...

Abreviaturas y señales diversas ⁵

Abreviatura o señal	Definición
AA	Todo después de ... (<i>Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.</i>)
AB	Todo antes de ... (<i>Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.</i>)
ADS	Dirección. (<i>Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.</i>)
$\overline{\text{AR}}$	Fin de transmisión.
$\overline{\text{AS}}$	Espera.
BK	Señal utilizada para interrumpir una transmisión en marcha.
BN	Todo entre ... y ... (<i>Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.</i>)
BQ	Respuesta a RQ.
$\overline{\text{BT}}$	Señal de separación entre las distintas partes de la misma transmisión.
C	<i>Respuesta afirmativa sí; o el grupo anterior debe entenderse como una afirmación.</i>
CFM	Confirme (<i>o Confirmando</i>).
CL	Cierro mi estación.

⁵ De la Recomendación UIT-R M.1172 abreviaturas y señales diversas que habrán de utilizarse para las radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo, Reglamento de radiocomunicaciones (1998).

Abreviatura o señal	Definición
COL	Colacione (o Colaciono).
CORRECCIÓN	Anule mi última palabra o grupo; sigue la palabra o el grupo correcto <i>(usado en radiotelefonía y pronunciado CO-REC-CHON, con acento en la segunda sílaba).</i>
CQ	Llamada general a todas las estaciones.
CS	Distintivo de llamada. <i>(Se utiliza para pedir un distintivo de llamada.)</i>
DE	"De ..." <i>(utilizada delante del nombre u otra señal de identificación de la estación que llama.)</i>
K	Invitación a transmitir.
KA	Señal de comienzo de transmisión.
MIN	Minuto (o Minutos)
NIL	No tengo nada que transmitir a usted.
NO	No <i>(negación).</i>
NW	Ahora.
OK	Estamos de acuerdo (o Está bien).
PBL	Preámbulo. <i>(Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)</i>
PSE	Por favor.
R	Recibido.
REF	Referencia a ... (o Refiérase a ...).
RPT	Repita (o Repito) (o Repitan).
RQ	Indicación de una petición.
SIG	Firma. <i>(Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)</i>
SVC	Prefijo que indica un telegrama de servicio.
SYS	Refiérase a su telegrama de servicio.
TFC	Tráfico.
TU	Gracias.
TXT	Texto. <i>(Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)</i>
VA	Fin del trabajo.
WA	Palabras después de ... <i>(Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)</i>
WD	Palabra(s) o Grupo(s).
WX	Parte meteorológico (o Sigue un parte meteorológico).

Nota: En radiotelegrafía, la colocación de una raya sobre las letras constitutivas de una señal indica que las letras han de transmitirse como un solo signo.

Palabras de procedimiento⁶

Intensidad de la señal e inteligibilidad

Intensidad de la señal	
Señal vocal	Significado
FUERTE	Su señal es fuerte.
BUENA	Su señal es buena.
DÉBIL	Puedo oírle pero con dificultad.
MUY DÉBIL	Puedo oírle pero con muchísima dificultad.
NO SE OYE NADA	No puedo oírle nada.

Inteligibilidad	
Señal vocal	Significado
CLARA	Calidad excelente.
INTELIGIBLE	Buena calidad, sin dificultad en entenderle.
DISTORSIONADA	Tengo dificultad en entenderle.
CON INTERFERENCIA	Tengo dificultad en entenderle debido a las interferencias.
NO INTELIGIBLE	Puedo oír que está transmitiendo pero no puedo entenderle.

Palabra de procedimiento	Significado
CONFIRMACIÓN <i>(acknowledge)</i>	Confirmar que se ha recibido mi mensaje y que se cumplirá (WILCO)
AFIRMATIVO <i>(affirmative)</i>	Sí/correcto
TODO DESPUÉS <i>(all after)</i>	Todo lo que se transmitió después ...
TODO ANTES <i>(all before)</i>	Todo lo que se transmitió antes ...
CORTE <i>(break)</i>	Indica separación de texto del resto de mensaje
CORTE CORTE <i>(break break)</i>	Deseo interrumpir un intercambio en curso de transmisiones para transmitir un mensaje urgente
SIGNO DE LLAMADA <i>(call sign)</i>	El grupo que sigue es un signo de llamada
CANCELAR <i>(cancel)</i>	Anular el mensaje transmitido previamente
CORRECTO	Lo que se ha transmitido es correcto

⁶ Adaptadas del procedimiento para las comunicaciones radioeléctricas y fuentes suplementarias del ACNUR.

Palabra de procedimiento	Significado
<i>(correct)</i>	
CORRECCIÓN <i>(correction)</i>	Un error se ha cometido en la presente transmisión (o mensaje indicado). La versión correcta es ...
HACER CASO OMISO <i>(disregard)</i>	Considerar como si esa transmisión no se ha enviado
NO RESPONDER <i>(do not answer – out)</i>	La estación o estaciones no deben contestar esta llamada, no acusar recibo de este mensaje ni transmitir en conexión con esta transmisión
CIFRAS <i>(figures)</i>	Se emitirán numerales o números
¿CÓMO ME RECIBE? <i>(how do you read?)</i>	¿Cuál es la inteligibilidad de mi señal?
REPITO <i>(i say again)</i>	Repito por motivos de claridad o énfasis
SIGUE MENSAJE <i>(message follows)</i>	Tengo un mensaje formal que se debe registrar, por ejemplo, escribirse
ESCUCHAR <i>(monitor)</i>	Hacer escucha en ... (frecuencia)
NEGATIVO <i>(negative)</i>	No/incorrecto
FIN DE MENSAJE <i>(over)</i>	Éste es el final del mensaje y se espera respuesta
FIN DE TRANSMISIÓN <i>(out)</i>	Éste es el final de mi transmisión. No se requiere o se prevé respuesta. (FIN DE MENSAJE y FIN DE TRANSMISIÓN no se emplean nunca al mismo tiempo)
REPETIR <i>(read back)</i>	Repetir toda la transmisión exactamente como se recibió
TRANSMITIR (A) <i>(relay (to))</i>	Transmitir el siguiente mensaje a todos los destinatarios o la dirección que se cita inmediatamente ...
INFORME <i>(report)</i>	Transmita la siguiente información ...
ROGER <i>(roger)</i>	He recibido su última transmisión. (Sin respuesta a la pregunta)
REPITA NUEVAMENTE <i>(say again)</i>	Repita su última transmisión o repita la parte indicada por "TODO DESPUÉS"
SILENCIO <i>(silence)</i>	Interrúmpase inmediatamente toda transmisión. Mantener hasta que se suprima la prohibición
SILENCIO SUPRIMIDO <i>(silence lifted)</i>	Las transmisiones podrían reanudarse después de que se haya ordenado previamente SILENCIO
HABLAR MÁS DESPACIO <i>(speak slower)</i>	Sus transmisiones son muy rápidas. Reducir la velocidad
ESTACIÓN DESCONOCIDA <i>(unknown station)</i>	La identidad de la estación recibida es desconocida
VERIFICAR <i>(verify)</i>	Verificar la totalidad del mensaje (o la parte indicada) con el original y la versión correcta enviada. Se utilizará sólo cuando el destinatario se cuestione seriamente sobre la validez del mensaje
ESPERAR <i>(wait)</i>	Esperar unos segundos
ESPERAR UN TIEMPO <i>(wait out)</i>	Esperar durante un periodo más largo. Me pondré en contacto de nuevo cuando esté otra vez en el aire
WILCO <i>(will comply)</i>	He recibido su mensaje y lo cumpliré. (ROGER está implícito pero no explícito)
PALABRA DESPUÉS <i>(word after)</i>	La palabra del mensaje a la que me refiero es la siguiente ...
PALABRA ANTES <i>(word before)</i>	La palabra del mensaje a la que me refiero es la que precede ...

Palabra de procedimiento	Significado
PALABRAS REPETIDAS DOS VECES (<i>words twice</i>)	La comunicación es difícil. Transmitir cada palabra o frase dos veces
INCORRECTO (<i>wrong</i>)	La última transmisión es incorrecta. La versión correcta es ...

RECOMENDACIÓN UIT-R P.1144-1

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE PROPAGACIÓN DE LA COMISIÓN DE ESTUDIO 3 DE RADIOCOMUNICACIONES

(1995-1999)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que es necesario ayudar a los usuarios de las Recomendaciones UIT-R de la Serie P (elaboradas por la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones),

recomienda

1 que se utilice la información del Cuadro 1 como orientación para aplicar los diversos métodos de propagación que se exponen en las Recomendaciones UIT-R de la Serie P (elaboradas por la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones).

NOTA 1 – Para cada una de las Recomendaciones UIT-R que figuran en el Cuadro 1 hay columnas de información correspondientes que indican:

Aplicación: El servicio o servicios o la aplicación a que se refiere la Recomendación.

Tipo: La situación a la que se aplica la Recomendación, por ejemplo, punto a punto, punto a zona, visibilidad directa, etc.

Resultado: El valor del parámetro resultante de la aplicación del método de la Recomendación, por ejemplo, las pérdidas del trayecto.

Frecuencia: La gama aplicable de frecuencias de la Recomendación.

Distancia: La gama aplicable de distancias de la Recomendación.

Porcentaje del tiempo: Valores de porcentajes de tiempo aplicables o gama de valores de la Recomendación; se refiere al porcentaje del tiempo en que se excede la señal prevista durante un año promedio.

Porcentaje de emplazamientos: Gama porcentual de emplazamientos aplicable de la Recomendación; se trata del porcentaje de emplazamientos dentro de un cuadrado, por ejemplo, de 100-200 m de lado en el que se excede la señal prevista.

Altura del terminal: Gama aplicable de alturas de la antena del terminal a que se refiere la Recomendación.

Datos de partida: Lista de parámetros utilizada en el método de la Recomendación; la lista se ordena según la importancia del parámetro y, en algunos casos, pueden utilizarse valores por defecto.

La información indicada en el Cuadro 1 figura ya en las propias Recomendaciones; no obstante, dicho Cuadro permite a los usuarios examinar rápidamente la capacidad (y limitaciones) de las Recomendaciones sin necesidad de buscar en el texto.

Cuadro 1 – Métodos de predicción de la propagación de ondas radioeléctricas del UIT-R

Método	Aplicación	Tipo	Resultado	Frecuencia	Distancia	Porcentaje del tiempo	Porcentaje de emplazamientos	Altura del terminal	Datos de partida
Rec. UIT-R P.368	Todos los servicios	Punto a punto	Intensidad de campo	10 kHz a 30 MHz	1 a 10 000 km	No aplicable	No aplicable	Con base en el suelo	Frecuencia Conductividad del suelo
Rec. UIT-R P.370	Radiodifusión	Punto a zona	Intensidad de campo	30 MHz a 1 000 MHz	10 a 1 000 km	1, 5, 10, 50	1 a 99	<i>Transmisor:</i> altura efectiva desde menos de 0 m hasta más de 1 200 m <i>Receptor:</i> 1,5 a 40 m	Distancia Altura de la antena de transmisión Frecuencia Porcentaje de tiempo Altura de la antena de recepción Ángulo de despejamiento del terminal Irregularidad del terreno Porcentaje de emplazamientos
Rec. UIT-R P.1147	Radiodifusión	Punto a zona	Intensidad de campo de la onda ionosférica	0,15 a 1,7 MHz	50 a 12 000 km	10, 50	No aplicable	No aplicable	Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Distancia Número de manchas solares Potencia del transmisor Frecuencia
Rec. UIT-R P.452	Servicios que emplean estaciones situadas en la superficie de la Tierra; interferencia	Punto a punto	Pérdidas del trayecto	700 MHz a 30 GHz	No especificada, pero llega hasta el horizonte radioeléctrico y más allá de él	0,001 a 50 Año medio y mes más desfavorable	No aplicable	No se especifican límites	Datos del perfil del trayecto Frecuencia Porcentaje de tiempo Altura de la antena de transmisión Altura de la antena de recepción Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Datos meteorológicos

Cuadro 1 – Métodos de predicción de la propagación de ondas radioeléctricas del UIT-R (continuación)

Método	Aplicación	Tipo	Resultado	Frecuencia	Distancia	Porcentaje del tiempo	Porcentaje de emplazamientos	Altura del terminal	Datos de partida
Rec. UIT-R P.528	Móvil aeronáutico	Punto a zona	Pérdidas del trayecto	125 MHz a 15 GHz	0 a 1 800 km (para aplicaciones aeronáuticas, la distancia 0 km en horizontal no implica longitud del trayecto de 0 km)	5, 50, 95	No aplicable	H1: 15 m a 20 km H2: 1 km a 20 km	Distancia Altura del transmisor Frecuencia Altura del receptor Porcentaje de tiempo
Rec. UIT-R P.1146	Móvil terrestre Radiodifusión	Punto a zona	Intensidad de campo	1 a 3 GHz	1 a 500 km	1 a 99	1 a 99	Transmisor \geq 1 m Receptor: 1 a 30 m	Distancia Frecuencia Altura de la antena del transmisor Altura de la antena del receptor Porcentaje de tiempo Porcentaje de emplazamientos Información del terreno
Rec. UIT-R P.529	Móvil terrestre	Punto a zona	Intensidad de campo	30 MHz a 3 GHz (Aplicación limitada por encima de 1,5 GHz)	Ondas métricas: 10 a 600 km Ondas decimétricas: 1 a 100 km	Ondas métricas: 1, 10, 50 Ondas decimétricas: 50	No especificado	Base: 20 m a 1 km Móvil: 1 a 10 m	Distancia Altura de la antena base Frecuencia Altura de la antena móvil Porcentaje de tiempo Morfografía
Rec. UIT-R P.530	Visibilidad directa Enlaces fijos	Punto a punto Visibilidad directa	Pérdidas del trayecto Mejora de la diversidad (condiciones de cielo despejado) XPD Interrupción Característica de error	Aproximadamente 150 MHz a 40 GHz	Hasta 200 km con visibilidad directa	Todos los porcentajes de tiempo en condiciones de cielo despejado; 1 a 0,001 en condiciones de precipitación ⁽¹⁾	No aplicable	Altura suficiente para asegurar el despejamiento especificado del trayecto	Distancia Altura del transmisor Frecuencia Altura del receptor Porcentaje de tiempo Datos de obstrucción del terreno Datos climáticos

Cuadro 1 – Métodos de predicción de la propagación de ondas radioeléctricas del UIT-R (continuación)

Método	Aplicación	Tipo	Resultado	Frecuencia	Distancia	Porcentaje del tiempo	Porcentaje de emplazamientos	Altura del terminal	Datos de partida
Rec. UIT-R P.533	Radiodifusión Fijo Móvil	Punto a punto	MUF básica Intensidad de campo de la onda ionosférica Potencia disponible en el receptor Relación señal/ruido LUF Fiabilidad del circuito	2 a 30 MHz	0 a 40 000 km	Todos los porcentajes	No aplicable	No aplicable	Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Número de manchas solares Mes Hora(s) del día Frecuencias Potencia del transmisor Tipo de antena del transmisor Tipo de antena del receptor
Rec. UIT-R P.534	Fijo Móvil Radiodifusión	Punto a punto a través de la capa E esporádica	Intensidad de campo	30 a 100 MHz	0 a 4 000 km	0 a 50	No aplicable	No aplicable	Distancia Frecuencia
Rec. UIT-R P.616	Móvil marítimo	Como en la Recomendación UIT-R P.370							
Rec. UIT-R P.617	Enlaces fijos transhorizonte	Punto a punto	Pérdidas del trayecto	> 30 MHz	100 a 1 000 km	20, 50, 90, 99 y 99,9	No aplicable	No se especifican límites	Frecuencia Ganancia de la antena transmisora Ganancia de la antena receptora Geometría del trayecto
Rec. UIT-R P.618	Fijo por satélite	Punto a punto	Pérdidas del trayecto Ganancia de diversidad y XPD (en condiciones de precipitación)	1 a 55 GHz	Cualquier altura de órbita práctica	0,001-5 para la atenuación; 0,001-1 para XPD	No aplicable	No hay límite	Datos meteorológicos Frecuencia Ángulo de elevación Altura de la estación terrena Separación y ángulo entre emplazamientos de estación terrena (para ganancia de diversidad) Diámetro y eficacia de la antena (para el centelleo) Ángulo de polarización (para XPD)

Cuadro 1 – Métodos de predicción de la propagación de ondas radioeléctricas del UIT-R (fin)

Método	Aplicación	Tipo	Resultado	Frecuencia	Distancia	Porcentaje del tiempo	Porcentaje de emplazamientos	Altura del terminal	Datos de partida
Rec. UIT-R P.620	Coordinación de frecuencia de la estación terrena	Distancia de coordinación	Distancia a la que se logran las pérdidas de propagación requeridas	100 MHz a 105 GHz	Hasta 1 200 km	0,001 a 50	No aplicable	No se especifican límites	Pérdida de transmisión básica mínima Frecuencia Porcentaje de tiempo Ángulo de elevación de la estación terrena
Rec. UIT-R P.680	Móvil marítimo por satélite	Punto a punto	Desvanecimiento causado por la superficie del mar Duración del desvanecimiento Interferencia (satélite adyacente)	0,8 a 8 GHz	Cualquier altura orbital práctica	Hasta 0,001% mediante una distribución Rice-Nakagami Limite del 0,01% para la interferencia ⁽¹⁾	No aplicable	No hay límite	Frecuencia Ángulo de elevación Ganancia máxima en el eje de puntería de la antena
Rec. UIT-R P.681	Móvil terrestre por satélite	Punto a punto	Desvanecimiento del trayecto Duración del desvanecimiento Duración sin desvanecimientos	0,8 a 20 GHz	Cualquier altura orbital práctica	No aplicable Porcentaje de distancia recorrida de 1 a 80% ⁽¹⁾	No aplicable	No hay límite	Frecuencia Ángulo de elevación Porcentaje de la distancia recorrida Nivel aproximado del enmascaramiento óptico
Rec. UIT-R P.682	Móvil aeronáutico por satélite	Punto a punto	Desvanecimiento causado por la superficie del mar	1 a 2 GHz	Cualquier altura orbital práctica	Hasta 0,001% mediante una distribución Rice-Nakagami ⁽¹⁾	No aplicable	No hay límite	Frecuencia Ángulo de elevación Polarización Ganancia máxima en el eje de puntería de la antena Altura de la antena
Rec. UIT-R P.684	Fijo	Punto a punto	Intensidad de campo de la onda ionosférica	30 a 500 kHz	0 a 40 000 km	50	No aplicable	No aplicable	Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Distancia Potencia del transmisor Frecuencia
Rec. UIT-R P.843	Fijo Móvil Radiodifusión	Punto a punto por ráfagas meteóricas	Potencia recibida Cadencia de la ráfaga	30 a 100 MHz	100 a 1 000 km	0 a 5	No aplicable	No aplicable	Frecuencia Distancia Potencia del transmisor Ganancias de antena

Porcentaje de tiempo de interrupción; para la disponibilidad del servicio, se sustrae de 100 el valor.