

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE DE UNA COMPAÑÍA AEREA

Por JOSE MARIA HERNANDO RABANOS

Doctor Ingeniero de Telecomunicación

1. NATURALEZA DEL SISTEMA

El sistema de comunicaciones tierra/aire de una compañía aérea tiene por objeto la ejecución del control operacional de sus vuelos, estableciéndose un intercambio de mensajes entre aeronaves en vuelo y los controles de tierra propios de las compañías. Estos fines y medios aparecen regulados en los Anexos 6 y 10 al Convenio de la Organización de Aviación Civil Internacional (1, 2).

Este tipo de control operacional queda recogido en el Anexo 6 como función diferente de la de control de tráfico aéreo, aunque relacionada con él, y es competencia de las compañías como indica el mismo anexo:

«El explotador o representante por él designado asumirá la responsabilidad del control de operaciones.»

Este control operacional atiende sobre todo a la regularidad y seguridad de los vuelos y a optimizar su explotación.

Con el establecimiento de estos sistemas las compañías aéreas no solamente se limitan a cumplir las normas nacionales e internacionales que en esta materia le afectan, sino que, adicionalmente, da satisfacción a sus propios criterios de calidad de servicio.

Ejemplos de mensajes intercambiados pueden ser:

- a) Asistencia al piloto al mando:
 - cambios de plan de vuelo: nivel, ruta, alternativos, etc.;
 - información meteorológica;
 - consumos y tiempos;
 - averías.
- b) Asistencia general:
 - retrasos;
 - pasajeros enfermos.

La constitución de un sistema de esta naturaleza comprende:

- a) Estaciones radioeléctricas.
- b) Centros de control.

2. CARACTERISTICAS GENERALES

Los enlaces tierra/aire que posibilitan estas comunicaciones son, evidentemente, de naturaleza radio móvil y se enmarcan dentro del Servicio Móvil Aeronáutico (R).

La explotación de las comunicaciones tierra/aire se efectúa en simplex, a una frecuencia con PTT («pulsar para hablar»), tanto en las estaciones aeronáuticas como en las de aeronave.

Se utiliza normalmente la llamada selectiva a las estaciones de aeronave por medio del sistema de señalización SELCAL.

Como, en general, las redes de las compañías cubren una amplia dimensión, se plantean problemas de comunicaciones específicas para los vuelos cortos y largos, que implican la distinción de zonas de cobertura.

Sobre la base de estas consideraciones podemos establecer, en función del alcance, dos grupos:

a) Comunicaciones en VHF

En ellas el alcance viene limitado por el horizonte óptico entre la antena de la estación aeronáutica y la aeronave. El radio de acción típico es de 250 millas náuticas (m. n.), que, en casos excepcionales, puede ampliarse a 350 m. n. Son características de este modo de explotación:

- Ubicación de equipos transmisores en puntos dominantes de terreno para conseguir la cobertura deseada. No obstante, ha de calcularse la altura óptima de antena para evitar zonas de silencio (3, 4).

- Radiación con polarización vertical.
- Empleo de potencias de emisión reducidas en las estaciones aeronáuticas y de aeronave puesto que los circuitos no son muy largos.
- Estabilidad de la señal y comunicaciones, consiguiéndose circuitos de alta calidad.
- Empleo de modulación en amplitud.
- Posibilidad de compartición de una misma frecuencia por estaciones suficientemente separadas, sin que existan interferencias perjudiciales.

Para la cobertura de necesidades de frecuencias, OACI ha reservado canales específicos en VHF para el uso particular de las comunicaciones de control de operaciones. La banda asignada es 128, 825-132, 025, seleccionándose normalmente las frecuencias en el extremo superior de la banda, concretamente entre 131,00 y 131,95.

b) *Sistemas en HF*

Con estos sistemas y mediante proyecto, instalación y operación adecuados, pueden establecerse enlaces radio a cualquier distancia.

El alcance prácticamente ilimitado exige una cuidadosa previsión de frecuencias y condiciones de funcionamiento controladas para reducir al mínimo las interferencias perjudiciales.

La banda de frecuencias HF se extiende de 3 a 30 MHz, siendo utilizada por numerosos servicios que requieren comunicaciones de larga distancia, de manera que las aplicaciones aeronáuticas disponen solamente de una serie limitada de frecuencias atribuidas por la UIT al servicio móvil aeronáutico (R y OR).

La banda atribuida a la categoría (R) está definida por la UIT y OACI, que han establecido adjudicaciones de frecuencia a las ZRMP (zonas de paso de rutas aéreas mundiales principales) (5).

Este modo de explotación presenta las siguientes características:

- Necesidad de hacer uso de más de una frecuencia para conseguir la cobertura en las diferentes condiciones de propagación (variables con la hora, estación del año, etc.).
- Utilización de potencias elevadas debido a la longitud de los circuitos y circunstancias de propagación.
- Empleo de instalaciones de antena de alguna envergadura que requieren ubicaciones especializadas.
- Variabilidad en la señal recibida.
- Empleo de modulación en banda lateral única para la comunicación vocal y reinserción plena de portadora (100 por 100) para la señalización SELCAL. Esto requiere una alta estabilidad de frecuencia en los equipos.

Puesto que son dos y diferentes radicalmente los sistemas de comunicaciones tierra/aire, se considerarán por separado en lo que sigue.

La responsabilidad atribuida a estos sistemas requiere que su explotación sea en régimen de 24 horas (H24). Esto incide en el dimensionado de los centros transceptores y subsistemas auxiliares y requiere una cuidadosa ingeniería de instalación y conservación.

Todo ello supone una inversión inicial de capital importante y un coste de mantenimiento significativo que las compañías aéreas encaran, por la importancia de este servicio en orden a la regulación y seguridad de los vuelos.

3. SISTEMAS VHF

Dentro de esta rúbrica vamos a distinguir dos partes:

1. Sistemas para comunicaciones tierra/aire.
2. Sistemas de pista, que tienen de común la operación en la banda aeronáutica VHF, siendo específicos en su utilización.

3.1. SISTEMAS TIERRA/AIRE

La configuración básica está formada por una estación transceptora que incluye: transmisor y receptor dobles, sistema de conmutación de antena y equipos, panel para control remoto, panel de alimentación y antena. La estación se maneja mediante una unidad de control remoto conectada a ella por línea telefónica, aunque en casos especiales se utiliza un portador radio. En conjunción con el control remoto se conecta la unidad de llamada selectiva (SELCAL), que opera sobre la misma línea telefónica.

La línea debe ser un par físico, con objeto de que transmita la señalización de c. c. de PTT. El procedimiento es válido para longitudes de línea de hasta unos 25 kilómetros.

Para extensiones mayores y cuando no se facilite un par de estas características, debe emplearse señalización por tonos.

Pueden disponerse normalmente hasta cuatro controles remotos en paralelo e incluso conectarse a un sistema de «phonepatch», para poder pasar llamadas de un avión a determinados teléfonos de la CPA privada de compañía. Estos incorporan un pulsador en el micrófono para accionamiento del PTT y deben hablar en simplex.

La definición de la configuración final de la estación depende del sistema de conmutación equipo principal/reserva que se elija. Caben dos alternativas, que se designarán como modo manual y automático.

El modo manual es más sencillo y económico, tanto en instalación como en conservación, con muy escasas averías. También es simple de operación, puesto que bastará con accionar un conmutador para efectuar la conmutación de un equipo a otro.

Tiene el inconveniente de necesitar un operador o técnico para que ejecute esta acción, por lo

que sólo puede emplearse en estaciones próximas a las bases de operación.

El modo automático es más sofisticado y oneroso. El funcionamiento es más complicado y la circuitería de conmutación y control necesaria constituye una fuente potencial adicional de averías.

Esta complejidad y encarecimiento sólo son justificables cuando la estación no está atendida y se encuentra ubicada lejos de la base de operación. Tal sucede en los emplazamientos de montaña.

El sistema de control automático debe comprender una unidad de conmutación de Tx/Rx, que recibe información del estado de los equipos desde un módulo monitor de portadora (para Tx) y otra unidad de prueba de receptores.

La unidad de conmutación, además, inserta con cierto período cada equipo en línea, poniendo el otro en reserva «activa», es decir, con la alimentación conectada y presto para funcionar.

El sistema de conmutación genera alarmas de tonos a varios niveles, que se transmiten fuera de la banda vocal por la línea telefónica del control remoto, extrayéndose en el punto terminal y señalizando en un panel la condición de alarma.

3.1.1. Especificaciones

La OACI y UIT establecen especificaciones técnicas y funcionales básicas para los sistemas VHF que completan y desarrollan otros organismos (FCC, FAA, ARINC, IATA) (2, 6). Todas ellas se recogen en la formulación que sigue y se amplía alguna en virtud de requerimientos funcionales.

Puesto que las estaciones VHF de control operacional de compañía trabajan en la banda aeronáutica destinada primordialmente a ATC y funciones de seguridad y conviven con otros equipos de este servicio, es imperativo reducir al mínimo sus emisiones fuera de banda y radiaciones no deseadas. A la misma filosofía responde la exigencia de una alta estabilidad de frecuencia.

Las administraciones aeronáuticas suelen implementar el servicio ATC con plantas transmisoras y receptoras separadas. Sin embargo, el control operacional suele llevarse a cabo mediante una sola estación transceptora. La instalación de la estación de compañía debe alejarse lo más posible de las plantas receptoras para minimizar la posible interferencia.

Las estaciones deberán poder ser operadas de manera sencilla en manejo local y disponer, incorporados a su circuitería, de los elementos necesarios para su control remoto (esto es, no requerirán paneles o módulos adicionales para incorporar la función control remoto).

Incluyen la opción de silenciador preajustable internamente con pulsador monitor. Desde el control remoto sólo se actuará sobre la función volumen de la señal de audio.

Suelen salir de fábrica con la disposición de circuito que permite su accionamiento remoto por

c. e., aunque debe facilitarse la opción de inserción de un decodificador para el caso de emplear señalización por tonos si las circunstancias de transmisión control remoto-estación lo requieren.

Deben disponer de un dispositivo de medición centralizado que facilite el mantenimiento de la estación y ajuste de los circuitos de mayor interés. Este dispositivo incluirá necesariamente un reflectómetro.

Los equipos son monocanales, efectuándose la generación de frecuencia mediante un oscilador maestro estabilizado por cristal en horno termotático, cuyo ciclo de trabajo será controlado por el propio equipo.

RESUMEN DE CARACTERISTICAS TECNICAS

Transmisores

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Clase de emisión | Telefonía 6A3 |
| Banda de frecuencias | 118-136 MHz |
| Separación entre canales | 25 KHz |

Potencia

Deberá ser, como mínimo, de 50 W. La OACI especifica que la potencia radiada aparente de emisión debe ser tal que produzca un campo mínimo de $75 \mu\text{V/m}$ (Densidad de flujo de potencia de -109 dBW/m^2) dentro de la cobertura operacional y a base de propagación en el espacio libre. Para una cobertura típica de 250 m. n., esto corresponde a una p. i. r. e. de unos 40 W., por lo que, dando una tolerancia de pérdidas en alimentadores y rendimiento de antena, se requiere el valor mínimo especificado.

Modulación

Deberá conseguirse como mínimo una profundidad de modulación del 85 por 100, con una distorsión inferior al 5 por 100.

Se emplea compresión vocal, de forma que la salida no varíe en más de 3 db para cambios de nivel en la entrada del orden de 30 db.

La respuesta en frecuencias del modulador debe estar comprendida entre +1 y -3 db desde 300 Hz a 3.000 Hz, tomando como referencia un tono de un KHz.

Radiación espuria

La emisión de señales no deseadas tendrá como mínimo a los siguientes niveles:

| | |
|---|----------------------|
| Armónicos de portadora | -45 dBw |
| Cualquier otra frecuencia | -65 dBw |
| Cualquier otra en la banda 108-136 MHz | -75 dBw y preferible |
| | -105 dBw |

Separación de canales

25 KHz, según la última normativa de IATA.

Estabilidad

Debe ser, como mínimo, $\pm 0,002$ por 100.

Nivel de ruido

Estará a 45 dB por debajo del nivel de portadora, modulada al 90 por 100.

Receptores

Modo de operación Telefonía A3
Banda de frecuencias 118-136 MHz

Sensibilidad

Según las normas de OACI, será tal que con una intensidad de campo incidente de $20 \mu\text{V}/\text{m}$ (Densidad de flujo de potencia de $-120 \text{ dBw}/\text{m}^2$) se produzca una relación señal/ruido de 15 db para una modulación con el 50 por 100 de profundidad.

En laboratorio se requiere una sensibilidad de: $2 \mu\text{V}$ (fem) para una salida de un W sobre 30 Ohm, con modulación al 30 por 100, con un tono de un KHz.

$2 \mu\text{V}$ para + 7 dbm de salida en alta (600 Ohm), en las mismas condiciones de modulación.

Relación señal/ruido

Deberá ser de 12 dB como mínimo para una señal de entrada de $2 \mu\text{V}$ (fem), modulada en las condiciones anteriores.

Selectividad

Para una portadora modulada al 30 por 100, con un tono de un KHz, no habrá más de 6 dB de atenuación cuando se desplaza ± 8 KHz de su frecuencia nominal de sintonía (centro del canal).

Para desplazamientos de ± 15 KHz, la atenuación será de 60 db. Para desplazamientos de $\pm 18,5$ KHz, la atenuación será de 100 db.

Aceptación de ancho de banda

El sistema receptor proporcionará una salida de audio adecuada e inteligible cuando la señal especificada en el punto anterior tenga una frecuencia portadora comprendida dentro de $\pm 0,005$ por 100 de la frecuencia asignada.

Rechazo del canal adyacente

El sistema receptor garantizará un rechazo efectivo de 60 db o más del canal asignable siguiente.

Separación de canales

El canal asignable siguiente estará a ± 25 KHz del de referencia.

Radiación espuria

Inferior a $100 \mu\text{W}$.

Respuestas espurias (inclusive imagen)

Atenuación de -80 dB como mínimo y -100 db para las comprendidas en la banda 108-136 MHz.

Respuesta de audio

Variará dentro de ± 3 db (referencia a un KHz) en la banda 300-2.500 Hz.

La atenuación será de 40 db para frecuencias superiores a 3.750 Hz.

La distorsión será menor del 7,5 por 100 para una profundidad de modulación del 30 por 100 y menor del 20 por 100 para una profundidad de 90 por 100.

La potencia de salida de audio será:

$1 \text{ W}' \text{ S}/3 \text{ Ohm.}$ y $+ 7 \text{ dbm S}/600 \text{ Ohm}$

CAG

La modulación no variará en más de 3 db ante variaciones en la señal de entrada comprendidas entre 5 y $10^5 \mu\text{V}$.

Selcall

Clave transmitida

Deberá componerse de dos impulsos de tono consecutivos, conteniendo cada impulso dos tonos simultáneos.

La duración de los impulsos será $1,0 \pm 0,25$ segundos y el intervalo de separación será $0,2 \pm 0,1$ seg.

Estabilidad

La frecuencia de los tonos transmitidos deberá mantenerse con una tolerancia de $\pm 0,15$ por 100.

Distorsión

La distorsión de audio de la señal de RF transmitida (envolvente) no deberá exceder el 15 por 100.

Profundidad de modulación

Las señales de RF deben contener, dentro de 3 db, cantidades iguales de ambos tonos de mo-

dulación. La combinación de tonos debe dar una envolvente de modulación con un porcentaje tan alto como sea posible y en ningún caso inferior al 60 por 100.

Frecuencias de tono

Existen tres familias de frecuencias establecidas por OACI (Series Roja, Amarilla y Azul), aunque la de la Serie Roja es la única que actualmente se usa internacionalmente. Las frecuencias se indican en la tabla siguiente:

| DESIGNACION | FRECUENCIA c/s |
|-------------|-------------------|
| Rojo A | 312,6 |
| Rojo B | 346,7 |
| Rojo C | 348,6 |
| Rojo D | 426,6 |
| Rojo E | 473,2 |
| Rojo F | 524,8 |
| Rojo G | 582,1 |
| Rojo H | 645,7 |
| Rojo J | 716,1 |
| Rojo K | 794,3 |
| Rojo L | 881,0 |
| Rojo M | 977,2 |

3.2. SISTEMAS DE COMUNICACIONES DE PISTA

Están constituidos por radioteléfonos móviles que se incorporan a vehículos que han de circular por las pistas de despegue o sus alrededores. En estos casos es mandatorio que tales vehículos dispongan de una comunicación con la torre de control del aeropuerto, en la frecuencia local «GND» fija y determinada para cada aeropuerto.

Los vehículos a que afecta este servicio son los tractores de remolque de aviones, furgonetas «FOLLOWME» de encaminamiento de aeronaves, bombas, vehículos de servicio, etc.

Las características generales de estos radioteléfonos móviles son similares a las analizadas para los equipos tierra/aire; operan con ellos en AM y banda aeronáutica y son de reducida potencia, típicamente de unos 5 W. Por lo demás, tienen las características generales de todos los radioteléfonos móviles.

SISTEMAS HF

Como ya se ha indicado, constituyen el medio de comunicación con aviones en vuelo y el soporte para la ejecución del control operacional a larga distancia.

En el estado actual de la técnica, y hasta que no se implanten los sistemas de comunicaciones por satélites aeronáuticos, el sistema es imprescindible para el seguimiento de los vuelos transoceánicos.

Hay una diferencia básica en el funcionamiento

de HF con relación al VHF. El primero por la naturaleza cambiante de la propagación radioeléctrica debe hacer uso de más de una frecuencia. Esto es, cada estación HF debe recibir la asignación de una familia de frecuencias, junto con un plan de utilización. Lo mismo debe ocurrir con las estaciones de aeronaves. Es, pues, fundamental disponer de un plan por épocas, rutas y sectores de vuelo y horas para coordinar las comunicaciones HF.

Distinguiremos en cuanto a su estructura y función dos clases de estaciones HF.

4.1. ESTACIONES PRIMARIAS

Tienen como función el control de vuelos a larga distancia, con un radio de acción tipo de 3.000 millas.

Son estaciones que deben mantener la posibilidad de comunicación dentro del margen citado y con un funcionamiento H24. De aquí se derivan una serie de requisitos de infraestructura y operación.

Se destacan los más notables:

- 1) Deben disponer, como mínimo, de un sistema simultáneo de escucha en dos o tres frecuencias.
- 2) Su equipo transmisor debe ser multicanal.

Resulta conveniente disponer de dos transmisores multicanales, en los cuales sea rápida la operación de selección de canal. Se recomienda disponer de un tercer transmisor, reserva de los dos en línea en el caso de una estación central de importancia.

La configuración de una estación primaria comprende las siguientes unidades funcionales:

- 1) Consola terminal.
- 2) Subsistema transmisor.
- 3) Subsistema receptor.
- 4) Subsistema de antenas.
- 5) Subsistema de control.

4.2. ESTACIONES SECUNDARIAS

Cubren un doble objetivo. En primer término, establecer comunicaciones con aeronaves para control local en un radio de acción de unas 500 millas. En segundo lugar, pueden utilizarse para comunicarse entre sí o con las estaciones primarias, constituyendo una red del servicio fijo aeronáutico. Esta última prestación es importante en lugares donde las comunicaciones por línea son lentas o no existe vía directa, resultando muy útil para que las escalas contiguas puedan tener información puntual sobre la llegada de vuelos y el centro de control acerca de su progresión.

Su configuración incluye típicamente un receptor multicanal de baja potencia (125 ó 150 W), con mando local o a distancia, según se requiera,

y un sistema de antena sencillo, unido al transceptor por medio de un acoplador de antena.

La operación de estos sistemas se hace en simplex monocanal.

4.3. ESPECIFICACIONES

Como en el caso de las comunicaciones VHF, para esta banda HF existen una serie de normas y recomendaciones de la OACI y la UIT, completadas y desarrolladas en algunos casos por otros organismos (2, 7).

Se han recogido en el detalle que sigue las normas básicas, así como aquellas que se presume serán establecidas en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones Aeronáuticas, a celebrar en Ginebra en 1977 (8).

En los centros primarios es aconsejable instalar los equipos en lugares idóneos, que pueden o no ser el propio aeropuerto o sus alrededores. En muchas ocasiones podrá hacerse uso de plantas transmisoras y receptoras existentes. Entonces parece conveniente implementar el sistema con transmisores y receptores separados. Como la operación con el avión es simplex deberá proveerse un sistema de silenciamiento de la función recepción cuando se está transmitiendo.

Todos los equipos deberán poderse manipular a distancia, viniendo dotados de un sistema de control remoto que incluya como mínimo las siguientes maniobras:

- a) Conexión/desconexión.
- b) Cambio de frecuencia.
- c) Regulación de volumen de recepción.
- d) Cambio de modo de operación de A2H a A3J.

Sería deseable que el sistema permitiera el cambio del equipo principal al de reserva.

El sistema debe poder trabajar sobre línea telefónica o radioenlace.

La operación se llevará a cabo desde una consola centralizada, en la que se seleccionará la frecuencia y modo de operación.

4.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

1. Transmisores

Potencia radiada (PEP)

Para estaciones primarias:

| | |
|--------------|------|
| Valor mínimo | 1 KW |
| Valor típico | 3 KW |
| Valor máximo | 6 KW |

Para estaciones secundarias:

| | |
|--------------|-------|
| Valor mínimo | 125 W |
| Valor típico | 150 W |
| Valor máximo | 400 W |

Clase de emisión

Típica: A3J (banda lateral única con portadora suprimida).

El nivel mínimo de supresión de portadora será de 50 db.

Transitoria: A2H (banda lateral única, portadora completa), tipo de emisión necesario para la transmisión del SELCAL.

Se emitirá la banda lateral superior.

Banda de frecuencias

De 2,0 a 26,0 MHz mínimo, sintonizables en incrementos de un KHz, ya que en el actual Reglamento de Radiocomunicaciones la banda del servicio móvil aeronáutico (R) tiene una frecuencia límite superior próxima a los 18 MHz, habiendo asignaciones compartidas de móvil (R) y (OR), con el fijo hasta frecuencias próximas a 24 MHz.

Número de canales

Como mínimo cuatro, presintonizados y controlados por cristal.

Separación entre canales

Los equipos transmisores-receptores deberán poder trabajar con asignaciones de canales designados por sus portadoras (virtuales) de referencia a intervalos de 3 KHz, en frecuencias que sean múltiplos enteros de un KHz.

Emisiones parásitas

En la operación en BLU, la potencia de cresta de cualquier emisión no deseada ha de ser inferior a la potencia de cresta del transmisor en las magnitudes reflejadas en el siguiente cuadro:

| DIFERENCIA DE FRECUENCIA ENTRE LA SEÑAL NO DESEADA Y LA FRECUENCIA ASIGNADA (KHz) | ATENUACION MINIMA POR DEBAJO DE LA POTENCIA DE CRESTA (db) |
|---|--|
| 1,5 < Δ ≤ 4,5 | 30 |
| 4,5 < Δ ≤ 7,5 | 38 |
| 7,5 < Δ | 43 + 10 log. P _p (w) |

Tolerancia de frecuencia

Se ha propuesto que sea igual a ± 10 Hz en toda la banda.

Proceso de señal

Se empleará proceso vocal y limitación automática de modulación.

Respuesta en frecuencias

Entre 350 Hz y 2.500 Hz, con un margen de ± 6 dB.

Las componentes espectrales de $f < 100$ Hz y $f > 2.900$ Hz se atenuarán 30 dB.

2. Receptores

Banda de frecuencias

2,0-26 MHz, sintonizados en incrementos de un KHz.

Modos de funcionamiento

A3J (opcionalmente A3H).

Impedancia de entrada: 50 Ohm.

Sensibilidad

En BLU, con una entrada de un μv (S/50 Ohm), debe conseguirse una relación S + N/N mínima de 12 dB.

Selectividad

Las características del receptor serán tales que la variación de la atenuación en función de la frecuencia debe ser:

| CAMA DE FRECUENCIAS (Hz) | ATENUACION (dB) |
|--------------------------|-----------------|
| 300 a 2.500 | 6 |
| 300 | 60 |
| 3.300 | |

Las frecuencias indicadas son con relación a la frecuencia portadora de referencia del receptor.

| | |
|---|--|
| Nivel de ruido y zumbido ... | 40 db por debajo de la máxima salida PEP. |
| Respuesta espuria (incluyendo imagen) ... | Min. 55 dB. |
| Intermodulación ... | Min. 40 dB para una señal modulada con dos tonos y con un nivel de 100 μv . |
| CAG ... | La salida no variará en más de 6 dB para una variación en la entrada de 45 dB. |
| Respuesta de audio ... | Entre 250 y 3.000 Hz. |
| Distorsión de audio ... | < 10 por 100. |

3. Sistema de antenas

El sistema de antenas debe permitir optimizar el empleo de equipos, prestar calidad al enlace y favorecer la relación señal/ruido, debido a la influencia de la elección de antenas en la potencia radiada aparente, mejora de sensibilidad y rechazo de ruido.

La elección debe inclinarse hacia antenas directivas de banda ancha, cuyo lóbulo principal de radiación cubra el área de servicio y se minimice la radiación en direcciones no deseadas.

Resulta también conveniente el uso de antenas omnidireccionales de banda ancha en centros de control, sobre todo para escucha.

Es cierto que muchas veces existen grandes servidumbres en la instalación de antenas que hacen imposible disponer de un mínimo de directividad y hay que recurrir a una antena de látigo con su acoplador correspondiente. Esta solución de nula directividad y pobre ganancia sólo debe aceptarse en centros secundarios de escaso valor estratégico.

Características generales

Antenas directivas

Las antenas más idóneas para estas aplicaciones son las logarítmico-periódicas, dispuestas sobre un mástil adecuado de la altura necesaria (unos 30 metros), debiendo disponer de un sistema de tierra de excelente calidad. Estos factores permiten conseguir un ángulo de salida muy reducido en toda la banda, necesario para las comunicaciones a larga distancia.

Las antenas log-periódicas verticales presentan un lóbulo ancho y ganancia aceptable, pero tienen la desventaja de que para terrenos medianos o pobres requieren un sistema de tierra de hasta algunos centenares de metros de longitud en la parte frontal para reducir el ángulo de radiación. Por este motivo son más eficaces en emplazamientos costeros.

Para las log-periódicas horizontales, el requisito anterior es menos crítico. Para mejorar el ángulo de salida deben estar elevados los dipolos respecto a tierra.

Este tipo de antena resulta, pues, más idóneo para la comunicación.

La antena debe ser giratoria, pero tendrá instalados el balun y la alimentación al pie, de forma que se evite el uso de juntas rotativas. Se acompañará de los elementos necesarios para el control y señalización de posición remotos.

La sustentación de los dipolos se suele hacer con cable de fibra de vidrio o parafil. Las características típicas de una antena como la propuesta son:

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Polarización ... | Horizontal. |
| Ganancia ... | 9 dBi. |
| Relación F/B ... | 10 dB. |
| Nivel lóbulos laterales contiguos ... | -10 dB. |
| Anchura de haz (acimut) ... | 70°. |
| Banda de frecuencias ... | 7,5 a 30 MHz. |
| R. O. E. ... | 1 : 2 (max). |
| Potencia PEP ... | 4 Kw (max). |
| Impedancia nominal ... | 50 Ohm. |

Antenas omnidireccionales

Suelen ser de tipo bicónico, con las características generales que siguen:

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Banda de frecuencias | 3,5-30 MHz. |
| Ganancia | 4 dBi. |
| Impedancia de entrada (PEP) | Max. 6 KW. |
| Polarización | Vertical. |
| B. O. E. | < 2 : 1. |
| Jaula | 16 hilos. |
| Circularidad | \pm 0,5 dB. |
| Angulo de salida mínimo | 4° para 3 dB. |

La antena debe estar a potencial de tierra para corriente continua y descargas atmosféricas.

Se deberá montar con baliza doble y pararrayos.

5. CENTRO DE CONTROL

Está constituido por el conjunto de medios y equipos necesarios para llevar a cabo el control centralizado de los sistemas transceptores de VHF y HF, convergiendo en él otros medios de comunicación auxiliares, como son telefonía e interfonía privadas, telegrafía, TV, recepción de datos meteorológicos, estado de aeropuertos, etc.

Desde este punto se intercambia la información con las aeronaves en vuelo, efectuándose el control y vigilancia de éste, y se genera un amplio abanico de mensajes operacionales de progresión del vuelo.

Los centros de control se asocian a estaciones primarias y están interconectados entre sí por una red telegráfica dedicada para facilitar la coordinación funcional y transferencia de responsabilidades.

El centro de control se aloja en consolas multifuncionales, cuya operación se realiza en régimen ininterrumpido.

REFERENCIAS

- (1) Operación de aeronaves. Transporte aéreo comercial internacional. Anexo 6 al Convenio de la OACI.
- (2) Telecomunicaciones Aeronáuticas. Anexo 10 al Convenio de la OACI. Parte I.
- (3) Gapless Coverage in air-to-ground communications at frequencies above MHz. K. A. NORTON. Proc. IRE, 1952.
- (4) VHF/UHF air-to-ground communications frequency engineering handbook, FAA.
- (5) Plan de adjudicación de frecuencias del servicio móvil aeronáutico (R). Apéndice 27 al Reglamento de la UIT.
- (6) Mark 3 VHF Communications Transceiver, ARINC.
- (7) Mark 2 Airborne HF SSB/AM System, ARINC.
- (8) Informe de la CE 8 a la CAMR para el servicio móvil aeronáutico (R), CCIR.