

INFORME 927-2 *

**CONSIDERACIONES GENERALES RELATIVAS A LA
INTERFERENCIA PERJUDICIAL DESDE EL PUNTO
DE VISTA DE LOS SERVICIOS MÓVILES AERONÁUTICOS
Y EL SERVICIO DE RADIONAVEGACION AERONAUTICA**

(Cuestiones 1/8 y 62/8 y
Programa de Estudios 21A/8)

(1982-1986-1990)

1. Antecedentes

La disposición número 163 del Reglamento de Radiocomunicaciones contiene la definición de la UIT sobre «interferencia perjudicial» que es la siguiente:

«Interferencia perjudicial: interferencia que compromete el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad, o que degrada gravemente, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación explotado de acuerdo con el presente Reglamento.»

El término interferencia perjudicial no es en general definible en forma cuantitativa precisa y, por consiguiente, la evaluación de la interferencia perjudicial debe deducirse de la naturaleza de las operaciones y del medio de seguridad. Ello conduce directamente a la conclusión de que la determinación de niveles umbrales cuantitativos de la interferencia perjudicial para los distintos servicios móviles aeronáuticos de radiocomunicaciones exige el examen de los criterios de seguridad adecuados.

2. Criterios de seguridad en aviación

Una base primordial de la seguridad en aviación, es la evaluación *estadística* de los criterios de calidad de funcionamiento y tasas de fallos. En la comunidad aeronáutica internacional, algunas administraciones de aviación civil han utilizado como criterios las siguientes «tasas de fallos» estadísticas:

- los sistemas de control de tráfico aéreo que aseguran una separación entre aeronaves que vuelan en ruta, se han diseñado para reducir la probabilidad de colisiones en el aire a un nivel no superior a 2 en 10^8 ; y
- las certificaciones de los equipos de aterrizaje automático para aeronaves, expedidas por numerosas administraciones de aviación civil, requieren que los sistemas de control de cada aeronave hayan demostrado estadísticamente tener una tasa de fallos no superior a 1 en 10^7 aterrizajes.

De lo que antecede, es evidente que para los servicios de radiocomunicaciones móviles aeronáuticos los valores requeridos de las relaciones de protección vendrán muy influidos por las características estadísticas del servicio considerado. Por ejemplo, una ayuda a la radionavegación que proporciona la única guía a una aeronave durante el aterrizaje automático, requiere una protección muy alta frente a la interferencia perjudicial. Indudablemente, de aquí se sigue que la probabilidad estadística de interferencia perjudicial en tales casos deberá ser mejor que 1 en 10^7 . Comparativamente, tal vez puedan hallarse otros sistemas aeronáuticos que no requieran este mismo grado de protección. En el punto 5 del presente Informe se trata más a fondo este aspecto en relación con los diferentes sistemas aeronáuticos.

Las consideraciones anteriores, conducen directamente a pensar que, aunque es posible cuantificar un nivel de señal para la interferencia perjudicial no deseada que permitiría el funcionamiento seguro de un tipo particular de servicio radioeléctrico, la promulgación de tal nivel, sin una descripción asociada de su naturaleza supuesta y su variación estadística reportaría escaso valor y podría tener implicaciones importantes. Esto se aplicaría especialmente a aquellos ambientes en los que existen multitud de fuentes interferentes potenciales, posiblemente de más de un tipo; en los que, en consecuencia, es razonable esperar que la interferencia perjudicial total en un determinado punto varíe con el tiempo.

* Se invita al Director del CCIR a que señale este Informe a la atención de la OACI, de la CEI y de las Comisiones de Estudio 1, 10 y 11.

3. Fuentes de interferencia perjudicial aeronáuticas y no aeronáuticas

Un aspecto importante en el estudio de la interferencia perjudicial es determinar si los criterios para la interferencia perjudicial procedente de fuentes no aeronáuticas deben o no tener relación con los criterios de planificación técnica establecidos en los servicios aeronáuticos para las asignaciones de canales comunes y adyacentes. Los criterios de planificación de asignación de frecuencias adoptados internacionalmente para los servicios aeronáuticos se basan en consideraciones prácticas que tienen en cuenta la utilización operacional de cada servicio particular. Adicionalmente, los criterios de planificación se basan, razonablemente, en la premisa de colaboración mutua entre todos los usuarios implicados y en la cumplimentación por éstos de las normas de aviación aceptadas internacionalmente. Es un hecho que los 146 Estados signatarios de la OACI están sujetos a ciertas obligaciones relativas a la adopción de normas aeronáuticas, prácticas y procedimientos recomendados como se establecen en el artículo 38 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944). Como consecuencia de estas obligaciones, existe una información internacional sumamente desarrollada y un servicio de registro que asegura que todas las facilidades de la aviación y sus volúmenes de servicio con «frecuencias protegidas» se han promulgado formalmente y están disponibles en cartas de navegación de acuerdo con el anexo 15 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional y una información apropiada de este servicio constituye una parte de la documentación que se transporta a bordo. Así, en lo que concierne a los criterios totales de protección técnica contra la interferencia perjudicial «aeronáutica-aeronáutica», adoptados por la comunidad de la Aviación Civil Internacional, hay una protección adicional completa y sustancial proporcionada a través de la estructura de la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI) en este punto clave.

La protección adicional a que se refiere el párrafo anterior apenas existe para fuentes no aeronáuticas de interferencia perjudicial a la aviación, algunas de las cuales sólo están reguladas parcialmente por la UIT. En consecuencia, no es necesaria una relación inherente entre los criterios aeronáuticos de protección y aquellos criterios que pueden resultar adecuados para los servicios de seguridad para su aplicación a las fuentes no aeronáuticas de interferencia perjudicial. En este aspecto, cada fuente potencial de interferencia perjudicial no aeronáutica requiere un análisis individual.

Se sabe que las siguientes fuentes externas de emisiones y radiaciones industriales causan interferencia perjudicial a los servicios aeronáuticos:

- radiodifusión, ondas kilométricas/hectométricas con MA y ondas métricas con MF;
- sistemas de distribución por cable;
- sistemas de distribución de energía eléctrica;
- portadoras sobre líneas de energía eléctrica;
- equipos industriales científicos y médicos;
- radiaciones del oscilador local de los equipos electrónicos domésticos.
- dispositivos informáticos.

Debe observarse que algunas de las fuentes anteriores no pertenecen al ámbito directo de la UIT y, en consecuencia, será necesario efectuar una coordinación entre la UIT, la OACI y otras organizaciones pertinentes. Sin embargo, este requerimiento no afecta a la implicación del CCIR en la investigación de los criterios de protección adecuados.

4. Atribuciones compartidas y exclusivas

Con independencia de las intenciones originales de los planificadores del espectro radioeléctrico, no hay ninguna duda de que las presiones para efectuar atribuciones adicionales en el espectro radioeléctrico a varios servicios de radiocomunicación pueden afectar a los criterios de protección aeronáutica considerados como criterios de compartición no aeronáuticos. En consecuencia, un servicio de seguridad debe adoptar precauciones considerables para asegurarse de que cualquier servicio radioeléctrico que comparta la misma banda, tenga una limitación suficiente para dejar un margen adecuado de forma que en todas las circunstancias probables la interferencia perjudicial total nunca rebase los criterios de protección requeridos.

Las limitaciones de peso, tamaño y consumo de potencia impuestas a los equipos de a bordo, traen como consecuencia transmisores de potencia relativamente baja y receptores muy sensibles, lo cual es coherente con las directrices generales de la UIT para la utilización eficaz del espectro radioeléctrico. No obstante, el conjunto de condiciones anterior origina dificultades para la comunidad aeronáutica cuando surgen problemas de interferencias. Por ejemplo, la señal deseada en el borde de la banda del servicio de radiotelefonía en ondas métricas no debe ser inferior a $70 \mu\text{V/m}$ para satisfacer las normas de la OACI y los valores prácticos recomendados. Para una aeronave que vuele, digamos a 300 m, sobre el suelo tal intensidad de campo deseada podría igualarse por una fuente de señal no deseada situada en tierra con una p.i.r.e. de unos $16 \mu\text{W}$ solamente. La mayoría de las fuentes interferentes pueden producir con facilidad más de $16 \mu\text{W}$. El artículo 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones, Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, contiene ejemplos de disposiciones de compartición entre los servicios aeronáuticos y otros servicios de radiocomunicaciones, algunas de las cuales han producido problemas de interferencia perjudicial. En tales casos, la necesidad de mantener los criterios de protección aeronáutica necesarios, ha conducido a una utilización del espectro radioeléctrico para las aplicaciones aeronáuticas menos eficaz que la que podría haberse conseguido con atribuciones exclusivas separadas. Deben tenerse en cuenta estas circunstancias antes de examinar toda posible compartición en que intervengan radiocomunicaciones aeronáuticas.

En el anexo II se detallan algunos de los elementos que se han de evaluar al considerar los problemas específicos de la compartición con las aeronaves que efectúan teledirigida en vuelos de ensayo. En este sentido, el anexo II responde a la Resolución N.º 505 de la CAMR-79.

5. Sistemas de radiocomunicación y radionavegación aeronáutica incluidos en el Anexo 10 al Convenio de la OACI

El Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional contiene detalles precisos de los sistemas de radiocomunicación y radionavegación aeronáutica. A continuación figura una breve sinopsis:

5.1 *Intercambio de datos digitales y radiotelefonía en ondas decamétricas y métricas*

Los circuitos de intercambio de datos digitales y radiotelefonía aire-tierra, constituyen un enlace directo entre una aeronave en vuelo y las estaciones aeronáuticas de tierra. El número de aeronaves en vuelo simultáneas en un determinado espacio aéreo y la multiplicidad de rutas aéreas voladas, imponen un conjunto complejo de reglas y procedimientos para garantizar la seguridad de las operaciones de tráfico aéreo. Si bien es cierto que la interferencia causada a las comunicaciones radiotelefónicas aire-tierra es relativamente fácil de detectar, en cuanto que el piloto puede escucharla y, por consiguiente, normalmente, es menos probable interpretarla erróneamente que en el caso de la interferencia en los circuitos de intercambio de datos digitales o a una ayuda de radionavegación, sin embargo tal interferencia puede tener consecuencias graves, especialmente para aeronaves en contacto con el control de aproximación de un aeropuerto volando en posiciones en que el margen libre de obstáculos sobre tierra es tan sólo de unos pocos centenares de pies. Así, y con independencia del seguimiento de una fraseología precisa y de otros procedimientos operacionales normalizados, han surgido casos en los que aun con una interferencia muy ligera en una sola frase, se han producido consecuencias catastróficas.

La conversión de los aspectos anteriores en criterios cuantitativos relativos a relaciones de protección es una tarea difícil. Por una parte hay un consenso general de que podría aceptarse normalmente cierta interferencia mínima para las comunicaciones orales, pero por otra parte debe reconocerse que en circunstancias operacionales difíciles los errores que normalmente podrían aceptarse pueden tener gran importancia y, en estas circunstancias, es vital disponer de un servicio libre de interferencias. En consecuencia, debiera establecerse una relación de protección para la radiotelefonía en ondas decamétricas y métricas de forma que la interferencia total en cualquier canal no incremente sustancialmente el nivel básico de ruido de los receptores del servicio de seguridad utilizado en las comunicaciones aire-tierra. Siguiendo el mismo principio, debería establecerse una relación de protección para el intercambio de datos digitales en ondas decamétricas y métricas.

La compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda de unos 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos que funcionan en la banda de 108-136 MHz se considera en el Informe 929.

5.2 *Frecuencias de socorro en ondas métricas*

El Reglamento de Radiocomunicaciones y el anexo 10 al Convenio de Chicago sobre Aviación Civil Internacional contienen disposiciones especiales para la utilización de las frecuencias de socorro del servicio móvil aeronáutico en 121,5 MHz y 243 MHz y para la protección de las mismas. En consecuencia, la OACI ha acordado procedimientos especiales para la vigilancia de estas frecuencias y, además, el sistema COSPAS-SARSAT proporciona facilidades esenciales de alerta. Asimismo, las radiobalizas de localización de siniestros (RLS) que en algunos países son obligatorias a bordo de las aeronaves, funcionan en estas frecuencias. Es importante que no se degrade la recepción de transmisiones de socorro y emergencia. Estas frecuencias son utilizadas también por otros servicios para comunicaciones con los servicios aeronáuticos en caso de emergencia.

5.3 Sistemas de guía para el aterrizaje

5.3.1 Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS) – (Ondas métricas (VHF) y decimétricas (UHF))

El ILS consta de un «localizador» (VHF) que proporciona una guía lateral a las aeronaves con relación a la pista del aeropuerto, una «trayectoria de planeo» (UHF) que establece la línea descendente en el plano vertical y una, dos o tres «radiobalizas» que proporcionan a la aeronave comprobaciones de altura y distancia en puntos conocidos con respecto al umbral de la pista. Pueden utilizarse conjuntamente con el ILS uno o más «localizadores» u otras ayudas suplementarias tales como el VOR para facilitar la guía de la aeronave sobre los haces radioeléctricos de «rumbo». Cada uno de los componentes anteriores del ILS realiza una función distinta y por ello puede observarse que estos componentes no actúan entre sí con ningún tipo de redundancia.

En las fases del vuelo de aproximación y aterrizaje cuando la aeronave maniobra muy próxima al suelo es esencial mantener a un nivel extremadamente reducido la probabilidad de ocurrencia de interferencia perjudicial a cualquiera de las ayudas radioeléctricas durante esta fase del vuelo. Es particularmente importante observar, a este respecto, que la utilización de sistemas de aterrizaje automático que emplean las señales de guía ILS, constituye el procedimiento normal de operación para los grandes aviones modernos cualesquiera que sean las condiciones meteorológicas. Debe resaltarse además, que el nivel extremadamente alto de protección contra la interferencia perjudicial requerido para apoyar estas operaciones solamente se necesita en volúmenes de espacio aéreo claramente limitados alrededor de las instalaciones ILS, es decir, alrededor de aeródromos. Este factor puede ser favorable al contemplar disposiciones prácticas relativas a la protección frente a interferencia perjudicial.

Debido a su naturaleza crítica, se ha estudiado mucho la interferencia a los ILS, por lo que en el anexo I se da información más detallada y se calculan las relaciones de protección requeridas en circunstancias especificadas.

La compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda de unos 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos que funcionan en la banda de 108-136 MHz se considera en el Informe 929.

5.3.2 Sistema de Aterrizaje por Microondas (Microwave landing system -MLS).

El MLS está destinado a su aplicación internacional y proporcionará guiado en el aterrizaje por instrumentos en todas las clases de aeropuertos y todos los tipos de aeronaves, incluidos los aviones de carga, las aeronaves de despegue y aterrizaje vertical y en pistas cortas, y las aeronaves de negocios y ligeras de la aviación general. El sistema MLS constituirá una notable ayuda en el funcionamiento de los grandes aeropuertos con categorías de servicios que permiten el aterrizaje en todo tipo de condiciones meteorológicas, así como en trayectos curvados o segmentados. Con ello puede aumentarse el número de aterrizajes de aeronaves en condiciones de mucho tráfico. Mediante equipos simplificados se podrá instalar el sistema a precios razonables en pequeños aeropuertos dedicados a la aviación privada y a las líneas aéreas regionales. Por ejemplo, la versión simplificada puede proporcionar un menor ángulo de cobertura, aproximaciones limitadas o no curvas y guía sin señales luminosas.

El MLS consta de un equipo de orientación angular en la banda de frecuencias de 5,0 - 5,25 GHz. El equipo de acimut proporciona orientación lateral a la prolongación del eje central de la pista de aterrizaje del aeropuerto, el equipo de elevación proporciona la línea de descenso en el plano vertical, y el equipo de medición de distancia de precisión (DME/P) en la banda de frecuencias de 960 - 1 215 MHz proporciona la distancia desde la pista de aterrizaje del aeropuerto a la aeronave. Cada una de dichas componentes realiza una función independiente y cuando se integran proporcionan al avión la determinación de la posición en tres dimensiones, y la orientación con respecto al trayecto de aproximación elegido. También se utiliza la orientación en acimut para el "rumbo posterior" (por ejemplo, para aproximaciones erróneas), utilizando un transmisor de acimut separado que dirige su haz hacia el sector del rumbo posterior. Asimismo se proporciona la capacidad de transmisión de datos de tierra en volumen de cobertura de orientación angular a través de haces estacionarios de cobertura sectorial. Entre otras cosas, ello permite transmitir la geometría de posición de las antenas de tierra a la aeronave para que ésta la utilice en su algoritmo de determinación de posición.

Las señales de acimut y de elevación se radian desde las antenas de tierra y se procesan en el receptor MLS de la aeronave. La información angular se obtiene a partir de las medidas de la diferencia de tiempo entre pasadas sucesivas de haces estrechos muy directivos con forma de abanico. El DME/P proporciona información de distancia al avión midiendo el tiempo total de ida y vuelta entre la interrogación realizada por el transmisor a bordo y la respuesta del respondedor de tierra. Mientras que el DME/N tiene una precisión básica de aproximadamente ± 370 m (0,2 millas), el DME/P presenta una curva de requisito de precisión de ± 250 m (820 pies) a 37 km (20 millas), que se reduce a ± 30 m (100 pies) en el umbral de la pista de aterrizaje.

Las técnicas de transmisión del MLS y el procesado de la señal permiten una norma única de precisión, equivalente a la precisión necesaria en los procedimientos de aterrizaje totalmente automáticos. Es esencial que la precisión de este sistema no se vea comprometida por la perturbación de sus señales por señales interferentes o multitrayecto. La reducción del umbral (DME/P) junto con los haces estrechos en abanico (haces de exploración angular) eliminan de manera efectiva los efectos multitrayecto. Se requiere una adecuada canalización y control de las señales no deseadas para reducir la interferencia por debajo de niveles admisibles.

Los errores admisibles del sistema MLS se expresan como error de seguimiento del rumbo (Path Following Error-PFE) y ruido mecánico del control (Control Motion Noise-CMN). El PFE hace referencia a los errores de orientación a baja frecuencia que pueden hacer que la aeronave se desvíe de su rumbo. El CMN hace referencia a los errores a frecuencias superiores que no contribuyen a un error en el seguimiento del rumbo, sino que pueden producir vibraciones en el volante o en la palanca de mando durante los aterrizajes automáticos. El ruido CMN puede afectar a la confianza del piloto en los sistemas de orientación.

El Anexo 10 a la Convención de la OACI da información detallada relativa al diseño de sistemas y a los factores de compatibilidad electromagnética con otros sistemas análogos (por ejemplo, niveles mínimos de señal deseada, plan de canalización, niveles de la señal de canal adyacente, relaciones señal deseada/señal no deseada, límites de las emisiones no esenciales, etc.) [OACI]. La Comisión Técnica Radioeléctrica para la Aeronáutica ha definido unas características de comportamiento operacional mínimas para la aviónica de los sistemas MLS con medidas angulares y de distancia [RTCA, 1981, 1985 y 1988]. En los Estados Unidos de América se están realizando estudios adicionales relativos a los criterios de compatibilidad con la interferencia procedente de sistemas fuera y dentro de la banda.

5.4 *Radiofaro omnidireccional en ondas métricas (VOR)*

El sistema VOR consta de un radiofaro situado en tierra que radia una señal omnidireccional y proporciona una referencia de dirección en el plano horizontal de forma que el sistema de a bordo facilita una indicación muy exacta del rumbo entre la aeronave y la baliza. El sistema facilita también señales de identificación y permite la transmisión de señales orales. El radiofaro transmite continuamente señales moduladas de ondas entretenidas y puede atender simultáneamente cualquier número de aeronaves que disponga de equipo adecuado. El volumen de servicio de algunas facilidades en ruta puede extenderse más allá de los 300 km.

La mayoría de las instalaciones VOR proporcionan un servicio en ruta, asociado a menudo con equipos medidores de distancia DME (véase el punto 5.5). Además, algunas instalaciones VOR de potencia reducida se utilizan como ayudas de mantenimiento o aproximación en las cercanías de aeródromos. En lo que concierne a la función de demarcación, la interferencia a un VOR se manifiesta como una información de marcación errónea a la tripulación y/o al sistema automático de control de vuelo, por lo que tal interferencia afectará directamente a la seguridad del vuelo. La cuantía del efecto de la interferencia dependerá de su tipo, intensidad y duración. En el caso de los sistemas VOR de baja potencia, incluso los niveles reducidos de interferencia pueden ser críticos para la operación de la aeronave si bien los volúmenes de servicio afectados son relativamente pequeños.

La compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda de unos 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos que funcionan en la banda de 108-136 MHz se considera en el Informe 929.

5.5 *Equipo medidor de distancia (DME) – (UHF)*

El sistema DME utiliza transmisiones digitales codificadas que proporcionan a la aeronave mediciones muy precisas de la distancia en línea recta entre ella y los emplazamientos terrestres del radiofaro. El radiofaro transmite en respuesta a una interrogación procedente de la aeronave y si bien el código de interrogación y respuesta proporciona cierta protección contra la interferencia, puede saturarse el sistema cuando hay muchas aeronaves dentro del alcance del radiofaro. En estas circunstancias, la interferencia podría comprometer la seguridad.

Los DME se utilizan a menudo conjuntamente con los VOR para proporcionar facilidades internacionales de navegación de corto alcance. Sin embargo, algunos DME se utilizan asociados con el ILS y, por consiguiente, las circunstancias pueden requerir disposiciones especiales que aseguren una protección adecuada contra la interferencia perjudicial.

Es importante también apreciar que debido a los acuerdos internacionales, las asignaciones de frecuencias al DME están siempre «apareadas» con asignaciones al VOR o al ILS. En consecuencia, las consideraciones de protección de frecuencia deben satisfacerse simultáneamente para las dos frecuencias apareadas.

5.6 *Radars*

Los radares para las aplicaciones aeronáuticas pueden adoptar muchas formas así como características y utilizaciones operacionales ampliamente variables, por ejemplo, vigilancia del tráfico aéreo de larga distancia, altímetros de radar, radar secundario de vigilancia, vigilancia superficial de muy corto alcance en aeródromos, detección del tiempo a bordo y ayudas a la navegación.

No es posible proporcionar una estimación universal de la interferencia que abarque toda esta gama de aplicaciones y, en consecuencia, debe de analizarse cada caso separadamente. Sin embargo, es importante observar que, con independencia de las características de transmisión utilizadas, es completamente normal, desde el punto de vista de los requerimientos de recepción de un sistema de radar, que éste sea, necesariamente, de elevada sensibilidad y en consecuencia capaz de detectar niveles reducidos de señales no deseadas.

Para soslayar el efecto de algunos tipos de interferencia, pueden utilizarse a veces técnicas muy elaboradas de tratamiento, pero estas técnicas no son de aplicación universal ni aceptables en ciertas condiciones operacionales.

En el Informe 914 se describen varias técnicas utilizadas en los radares para reducir la interferencia, muchas de las cuales han sido adoptadas con éxito por fabricantes de radares aeronáuticos.

5.7 *Radiofaros no direccionales (NDB) – (ondas kilométricas/hectométricas)*

Aunque a primera vista los NDB pueden parecer conceptualmente similares a los VOR, hay diferencias prácticas sustanciales en su utilización. Los NDB están extendidos más ampliamente que los VOR y los utilizan frecuentemente las aeronaves pequeñas que, en ciertos casos, no están equipadas para hacer uso de los VOR. Los NDB se emplean también a menudo para guiar y colocar a las aeronaves en trayectos de vuelo que les permitan obtener ayudas en VHF más precisas (VOR, ILS, etc.) dentro del procedimiento de aproximación. Además, el equipo de a bordo utilizado con los sistemas NDB es más simple en concepto y menos capaz de soportar la interferencia que los equipos de a bordo más seleccionados. La misma sencillez del sistema le hace menos capaz de distinguir entre las verdaderas señales NDB y las emisiones no deseadas próximas a la banda de paso del canal o dentro de ella: En particular, en ciertas condiciones las señales interferentes pueden provocar en la cabina de vuelo de la aeronave una indicación falsa de «paso por la vertical del radiofaro».

La interferencia a los NDB es un aspecto importante en el mundo aeronáutico, puesto que estos sistemas funcionan en bandas compartidas con otros usuarios en algunas partes del mundo y además tales bandas, a menudo, están sumamente congestionadas. En consecuencia, los criterios de protección contra la interferencia perjudicial, deben tener en cuenta estos factores.

6. Otros sistemas de radiocomunicación aeronáutica y de radionavegación de uso común

Además de los sistemas de radiocomunicaciones y radionavegación detallados específicamente en el anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944), hay una serie de esos sistemas que utilizan regularmente los operadores de aviación y que pueden también resultar seriamente afectados por la interferencia perjudicial.

Algunos de estos sistemas se describen brevemente en el anexo III al presente Informe.

7. Conclusiones

El diseño de un sistema de radiocomunicación aeronáutica tiene en cuenta niveles apropiados de integridad y fiabilidad con objeto de conseguir, en sentido estadístico, los objetivos globales del sistema operacional total. Para alcanzar estos objetivos es preciso que sean adecuados los criterios no aeronáuticos destinados a proteger los sistemas aeronáuticos contra las fuentes de interferencia (véase también la Recomendación 441).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

OACI, Anexo 10, de la Convención Internacional de Aviación Civil, Vol. I, cuarta edición.

RTCA, Radio Technical Commission for Aeronautics, Documento N° RTCA/DO-177, Minimum Operational Performance Standards for Microwave Landing System (MLS) Airborne Receiving Equipment, Washington D.C., julio de 1981.

RTCA, Comisión Técnica Radioeléctrica para la Aeronáutica, Documento N° RTCA/DO-189, Minimum Operational Performance Standards for Airborne Distance Measuring Equipment (DME) Operation Within the Radio Frequency Range of 960 - 1 215 MHz, Washington D.C., septiembre de 1985.

RTCA, Comisión Técnica Radioeléctrica para la Aeronáutica, Documento N° RTCA/DO-198, Minimum Operational Performance Standards for Airborne MLS Area Navigation Equipment, Washington D.C., 18 de marzo de 1988.

ANEXO I

ALGUNOS TIPOS DE INTERFERENCIA RELACIONADOS
CON EL SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS (ILS)**1. Introducción**

Algunas administraciones aeronáuticas han emprendido el examen detallado de algunas de las modalidades de interferencia que podrían causar interferencia perjudicial a las señales del localizador ILS; en este anexo se resumen algunos aspectos de los citados exámenes. Los exámenes han abarcado tanto estudios teóricos como pruebas de laboratorio registrándose un grado de correlación extremadamente alto.

2. Umbral de interferencia perjudicial

Los criterios que establecen el umbral de interferencia perjudicial para el ILS, se han extraído del anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944).

Desde el punto de vista del receptor del localizador de aeronave, la interferencia a la señal del localizador aparecerá como una aberración en el eje de rumbo (según la terminología de la OACI a la aberración del eje de rumbo del localizador se la denomina «codo») y contribuirá al error total aceptable a la salida del receptor. Dicho error es función en último término, del desplazamiento lateral permisible de la aeronave con respecto al eje de rumbo del localizador, dependiendo este desplazamiento de la categoría operacional del ILS y de la velocidad de aproximación de la aeronave. El anexo 10 contiene normas, prácticas recomendadas y textos de orientación para cumplir los objetivos del ILS y estas especificaciones indican que, a fin de restringir las desviaciones de la aeronave a menos de 5 m de desplazamiento lateral con respecto al eje de rumbo del localizador para las categorías II y III, la aberración del eje del rumbo del localizador no debe ser superior a 5 μ A. Se señala a la atención el hecho de que hay otras contribuciones a las aberraciones del rumbo que han de considerarse para conseguir los objetivos del ILS, si bien no se examinan en este anexo. Sin embargo, estos criterios adicionales deben tenerse en cuenta para definir relaciones de protección satisfactorias para el ILS. Este problema es considerado también en el punto 4 del Informe 929, teniendo en cuenta la compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda de aproximadamente 87 a 108 MHz y los servicios aeronáuticos que funcionan en la banda de 108 a 136 MHz.

A los fines de este anexo, se consideran interferencias perjudiciales aquellas formas de interferencia que producen una aberración del eje de rumbo del localizador de 5 μ A o superior. Sin embargo, en vista de los factores mencionados anteriormente este valor está sujeto a modificación.

3. Modalidades de interferencia

Se establecieron diversos modos de interferencia mediante análisis matemáticos siendo confirmados con pruebas de laboratorio utilizando diversos tipos de equipo de a bordo conformes a las normas de la OACI.

3.1 Interferencia producida por una señal portadora no modulada

Tipo I – Si una señal no deseada está dentro de la banda de paso del receptor del localizador ILS y experimenta un batido con la señal portadora del localizador produciéndose una frecuencia diferencia situada dentro de un margen de 0,5 Hz, aproximadamente, de las señales de banda lateral de 90 Hz o 150 Hz del ILS, la intensidad de campo de la señal RF no deseada, debe estar situada como mínimo a -46 dB con respecto al nivel de la portadora del localizador, a fin de no rebasar el límite de 5 μ A.

Tipo II – Si una señal no deseada está dentro de la banda de paso del receptor del localizador ILS y experimenta un batido con la señal portadora del localizador produciéndose una frecuencia diferencia situada dentro de un margen de 10 Hz, aproximadamente, de las señales de banda lateral de 90 Hz y 150 Hz del ILS y no satisface la tolerancia del tipo I anterior, la intensidad de campo de la señal RF no deseada debe estar como mínimo a -26 dB respecto al nivel de la portadora del localizador, a fin de no rebasar el límite de 5 μ A.

Tipo III – Si una señal no deseada está dentro de la banda de paso de RF del receptor del localizador ILS y es de intensidad suficiente, se producirá una «captura» progresiva del receptor. En este caso la intensidad de campo de la señal RF no deseada, debe ser como mínimo -7 dB con respecto al nivel de portadora del localizador, a fin de no rebasar el límite de 5 μ A. Las señales muy intensas, del orden de 10 mV o mayores, provocarán el bloqueo del receptor y la aparición de modulación cruzada.

3.2 Interferencia producida por una señal portadora modulada

Tipo IV – Si una señal no deseada contiene una portadora modulada en amplitud al 20% por una componente de 90 Hz o 150 Hz, la intensidad de campo de la señal RF no deseada, debe estar como mínimo a -13 dB con relación al nivel de portadora del localizador, con objeto de no exceder el límite de 5 μ A. Tal señal no deseada puede producirse, por ejemplo, cuando se utiliza un rectificador trifásico o una fuente de alimentación en corriente alterna de 50 Hz.

4. Conversión a intensidad de campo absoluta de la señal en el espacio

El anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, especifica diversas condiciones de señal en el volumen de servicio de un ILS. Una de las condiciones pertinentes en las proximidades del umbral de la pista es que para los localizadores de una instalación ILS de categoría de actuación III, la mínima intensidad de campo a lo largo de la línea de rumbo del localizador no debe ser inferior a 200 $\mu\text{V/m}$. Utilizando este valor de mínima intensidad de campo, pueden determinarse los valores máximos absolutos de la intensidad de campo señal-espacio para una señal no deseada en las proximidades del umbral de la pista:

CUADRO I

Tipo de interferencia	Relación de señales no deseada/deseada (dB)	Intensidad de campo de la señal no deseada en las proximidades del umbral de la pista ($\mu\text{V/m}$)
I	-46	1
II	-26	10
III	-7	90
IV	-13	45

5. Otros factores

Los puntos precedentes han desarrollado relaciones no deseada/deseada con respecto a la interferencia perjudicial al localizador ILS. Sin embargo debe observarse que ciertos factores estadísticos y operacionales pueden afectar a la aplicación práctica de estas relaciones. Por ejemplo, no se han tenido en cuenta los efectos producidos por el desplazamiento Doppler de las frecuencias debido a la velocidad de la aeronave, o la probabilidad de que una señal no deseada cumpla las características precisas necesarias para producir una modalidad particular de interferencia y se señala a la atención que estos factores y otros varios requieren ulterior estudio. Sin embargo, es importante tomar nota de que las intensidades de campo de las señales no deseadas indicadas en el punto 4 anterior podrían establecer, en el caso más desfavorable, límites muy severos a la emisión de las fuentes de potenciales de interferencia en las proximidades de los trayectos de aproximación a un aeropuerto. Por ejemplo, una emisión que produzca una interferencia del tipo I, debería limitarse a una p.i.r.e. máxima de -95 dBW ($3,3 \mu\text{V/m}$) medidos a 30 m de distancia de la fuente, a fin de no causar interferencia perjudicial a una aeronave en vuelo a una altitud de 100 m por encima de la fuente.

6. Resumen y conclusiones

El sistema localizador ILS es sensible a ciertos tipos de interferencia. Se requieren estudios ulteriores para determinar si los efectos prácticos de las modalidades descritas pueden aliviarse de alguna forma mediante factores operacionales y probabilísticos.

Es importante observar que este anexo examina solamente aquellas modalidades de interferencia en las que la señal no deseada aparece dentro de la banda de paso de RF del receptor del localizador ILS. Hay otras modalidades conocidas tales como la intermodulación en los receptores del localizador ILS que no pertenecen a esta categoría. Se prosiguen los estudios relativos a estas modalidades.

ANEXO II

CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA COMPARTICIÓN ENTRE
LAS AERONAVES QUE EFECTÚAN TELEMEDIDA EN VUELOS DE ENSAYO,
Y LAS ESTACIONES ESPACIALES Y TERRENAS EN LAS BANDAS DE
FRECUENCIAS 1435-1535 MHz Y 2310-2390 MHz

1. Introducción

En el servicio móvil, se tienen en cuenta las frecuencias para telemida de prueba de los vuelos aeronáuticos.

La importancia que la telemida de prueba de los vuelos tiene para sus usuarios se debe a que:

- con frecuencia es necesaria para la seguridad del piloto y de la aeronave;
- proporciona el único registro fiable de la naturaleza del fallo que puede haber provocado un accidente, por lo que contribuye a la seguridad de los vuelos futuros, y
- es un recurso cotidiano para la evaluación del progreso de cada vuelo y del funcionamiento del vehículo que se está probando; los costes de cada hora de vuelo pueden medirse en decenas de miles de dólares; la telemida reduce sustancialmente el número de horas necesario para desarrollar una aeronave o un subsistema de la misma.

Los vuelos de telemida, deben realizarse sin interferencia perjudicial puesto que la telemida de prueba de vuelo es de trascendental importancia para sus usuarios. A tal fin, todas las operaciones de telemida tienen fijada una programación temporal. La formalidad de la programación varía según la zona del país, habida cuenta del número de titulares de licencia y del número de aeronaves que cada uno de ellos opera. Cada zona geográfica tiene su propio procedimiento de programación. Por ejemplo en el sur de California, donde varios sistemas de telemida comparten la banda sobre la base de un mismo canal o canales adyacentes, el procedimiento de programación está muy reglamentado, estableciéndose los programas hora a hora para evitar las interferencias. En otras zonas, en que un solo titular de licencia se halla aislado ya sea geográficamente o por separación de frecuencias, la programación temporal es más bien informal dentro de la propia organización del titular de la licencia. Sin embargo, incluso en estas condiciones ideales hay más vehículos de prueba que frecuencias, por lo que debe efectuarse la programación.

En relación con la estación de telemida de prueba de vuelo, son importantes los siguientes aspectos técnicos:

- Las necesidades de anchura de banda de cada instalación de aeronave o de cada vuelo, varían con frecuencia ampliamente de uno a otro. Las emisiones más características se efectúan entre 500KF9 y 3M00F9, si bien ocasionalmente se autorizan emisiones de 10M0F9.
- Lo normal es que la mayoría de las aeronaves o cohetes pequeños tengan solamente un transmisor de telemida; sin embargo, algunas aeronaves y muchos vehículos espaciales están dotados de dos o más transmisores que, por lo común, efectúan transmisiones independientes.
- La potencia de salida de cada transmisor, varía normalmente entre 1 y 65 W, en sistemas de antena proyectados como omnidireccionales, pero que en realidad contienen nulos profundos.
- Con frecuencia, los trayectos de comunicaciones precisan que a 150 ó 200 km se reciban señales fiables correspondientes a los mínimos del diagrama de antena de la aeronave. Generalmente, las antenas de la aeronave o vehículo espacial estarán bien diseñadas, de forma que permitan una explotación libre de nulos en la mayoría de las direcciones óptimas para perfiles de vuelo normales; sin embargo, puede que no hayan sido diseñadas así las instalaciones para programas de prueba específicos. En cualquier caso, las actitudes anormales que se producen en las maniobras de balanceo, cabeceo y guiñada pueden presentar los nulos de los diagramas de antena de la aeronave o vehículo espacial a las antenas de tierra. En caso de fallo de la aeronave o vehículo espacial, esta condición anormal puede producirse en el periodo del vuelo de más importancia para los ingenieros y técnicos que deben analizar los resultados de la prueba.

Así pues, el análisis de intensidad de señal que se estudia en este Informe corresponderá necesariamente a la situación de caso más desfavorable. La interferencia procedente de cualquier otra fuente durante esta situación de caso más desfavorable, puede dar lugar a que los resultados se pierdan por completo o se inutilicen.

Las instalaciones de antena en tierra para telemida son muy variadas. Las instalaciones sencillas, en zonas geográficas aisladas, pueden emplear sistemas fijos de antenas verticales omnidireccionales para la recepción de señales procedentes de aeronaves en vuelo próximo a la ubicación del receptor. Normalmente emplean algún tipo de sistema de antenas directivas, que pueden ser simples bocinas con anchura de haz de 30° aproximadamente, pero, muy a menudo, llegan a ser redes complejas de antenas parabólicas o helicoidales con seguimiento automático. En una parte importante de esas ubicaciones se emplean sistemas con seguimiento según dos ejes y reflectores parabólicos de 2,5 a 10 m de diámetro. Las parábolas mayores resultan excesivamente pesadas para que los sistemas de seguimiento mantengan la aeronave de prueba en el haz en las condiciones de maniobra y llega a ser un problema la distorsión de haz debida a fuerzas gravitatorias excesivas sobre las antenas

parabólicas. No es raro el uso de receptores de bajo ruido. Con frecuencia, los sistemas están instalados en cumbres de montañas y efectúan el seguimiento tanto por debajo como por encima del horizonte local, teniendo posibilidad de seguimiento a través del zénit, si es preciso. Normalmente tales antenas se calibran utilizando como referencia un cielo despejado. El umbral de ruido atmosférico de -204 dB(W/Hz) medido a 290 K, para una anchura de banda de 4 kHz (usada habitualmente como anchura de banda de referencia del CCIR a tales efectos), una relación señal/ruido de 0 dB en la sección FI receptora, un factor de ruido de 4 dB referido a la entrada en el receptor, y una antena de 30 pies (9,144 m) de diámetro (tal antena tiene una ganancia medida de 38 dB y una corrección de abertura efectiva de 25 dB, correspondiente a una frecuencia de aproximadamente 1,5 GHz) se combinan para producir un nivel de flujo de ruido atmosférico de -177 dB(W/(m² · 1 kHz)). Cabe esperar que el sistema funcione con una relación de captura MF de 16 dB a 19 dB, por lo que debe diseñarse para funcionar con densidades de flujo de -161 dB(W/(m² · 4 kHz)). Las señales cocanal no deseadas, tales como las procedentes de un satélite, deben tener niveles inferiores a -177 dB(W/(m² · 4 kHz)) en la superficie de la Tierra, suponiendo que el satélite pueda estar en el campo de visión de la estación receptora de teledirigida de tierra.

Las normas de teledirigida especifican habitualmente que las emisiones no esenciales procedentes de transmisores de teledirigida deben tener niveles de amplitud inferiores a -55 dB(W/3 kHz), lo que equivale a normas por conducción o por radiación equivalentes. Transformándolas según los criterios del CCIR, se convierten en -54 dB(W/(m² · 4 kHz)) aproximadamente suponiendo un radiador isótropo. Aunque este valor supera en 123 dB el umbral de ruido del receptor para el sistema de recepción, normalmente la separación geográfica entre el transmisor y el receptor es garantía suficiente de que el receptor no se ve afectado de manera perjudicial. La antena de seguimiento proporciona aproximadamente 33 dB de la protección exigida y, puesto que puede suponerse que la fuente interferente está en una pista de despegue o aterrizaje que puede quedar oculta por una colina o alejada de la pista más de 5 km, se obtiene la protección necesaria. Esta norma de emisión no esencial no puede utilizarse como nivel de señal que asegure la no interferencia en el sistema de teledirigida.

El cuadro II que figura a continuación, muestra la gama de parámetros que pueden corresponder razonablemente a un transmisor de teledirigida de prueba de vuelo:

CUADRO II

	Gama de valores previsibles en sistemas de teledirigida	
	Valores bajos	Valores altos
Ganancia de la antena transmisora a bordo (dBi)	1,7	6
p.i.r.e. (dBW)	-3	18
Ganancia de la antena receptora (dBi)	2	41
Anchura de haz del transmisor de la aeronave ⁽¹⁾	360° × 30°	30° × 30°
Anchura del haz de la estación de tierra ⁽²⁾	360° × 30°	1,4° × 1,4°

(1) La anchura del haz de la antena de a bordo, se mide con respecto al eje vertical de la aeronave.

(2) La anchura del haz de la estación de tierra se mide con respecto a la dirección de máxima ganancia de la antena de seguimiento (alta ganancia). Normalmente se trata de una antena receptora, pero puede ser también una antena transmisora.

El estado actual de desarrollo de las aeronaves y de los vehículos espaciales sigue haciendo necesarias las frecuencias para las pruebas de vuelo de vehículos con o sin tripulación. Las alturas de vuelo de tales vehículos varían desde unos pocos metros a varios cientos de kilómetros. La distancia varía entre unos cuantos cientos de metros y la órbita terrestre. La distinción primaria entre el servicio móvil utilizado en prueba de vuelo y los otros servicios en los que se emplea equipo de teledirigida aeronáutica o espacial, es el objetivo de la transmisión. Se aplica el servicio móvil cuando el objetivo fundamental del vuelo es la comprobación del vehículo. Los otros servicios están indicados para el caso en que el objetivo fundamental del vuelo sea la investigación (atmosférica o de exploración espacial, exploración de la Tierra) o la explotación del vehículo. El equipo utilizado para teledirigida en los diferentes servicios es, a menudo, similar o, incluso el mismo. Los casos en que se precisa una recogida continua de datos durante un largo periodo de tiempo no se consideran por lo general como pruebas de vuelo y, por consiguiente, la asignación de frecuencias se hace en una banda reservada a la explotación, no permitiéndose la utilización de frecuencias sujetas a programación horaria o diaria.

2. Interferencia de un satélite sobre las estaciones en tierra de teledida

En el punto 1 anterior, se ha considerado la densidad de flujo, en la ubicación del receptor, que produce interferencia perjudicial. Para ese valor, $-177 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 1 \text{ kHz))}$, el sistema de teledida pierde el intervalo y el margen de recepción necesarios cuando la aeronave se halla en el borde de la distancia de prueba, que puede estar a gran distancia o elevada altitud. La posición de la antena de seguimiento, orientada hacia el satélite o hacia un punto alejado del mismo, podría introducir una variación de la señal de 33 dB o mayor, según que una señal de satélite sea captada por el lóbulo principal o los lóbulos secundarios de la antena.

2.1 *Satélites geoestacionarios:* Los satélites geoestacionarios pueden estar fuera del campo de visión de cualquier ubicación receptora de teledida. Sin embargo, en función de su posición longitudinal, los satélites pueden aparecer a ángulos de elevación locales de hasta 39° por encima del horizonte a 48° de latitud, o hasta 55° , a 30° de latitud. Tales ángulos son claramente posibles con las operaciones de teledida desarrolladas ampliamente. Puede demostrarse que incluso una bocina de 30° , conectada a un receptor de bajo ruido, podría experimentar problemas de interferencia procedente de satélites para cuya explotación se han propuesto estas bandas. Así pues, el valor de $-177 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ puede tomarse como el nivel de flujo cocanal en la ubicación del receptor permisible a efectos de no interferencia de las transmisiones por satélite sin programación temporal. No es probable que ese nivel satisfaga al proyectista del sistema por satélite puesto que corresponde a la situación de cielo despejado.

2.2 *Satélites en órbitas próximas a la Tierra:* Los satélites situados en órbitas no geoestacionarias irán cruzando, sucesivamente, los campos de visión de cada una de las instalaciones receptoras de teledida situadas en tierra. La única manera de proteger la estación de tierra de teledida frente a las explotaciones cocanal consiste en la programación temporal de todas las transmisiones, desde la aeronave y desde el satélite. Esta exigencia hace necesaria la provisión de algunos sistemas de almacenamiento de datos (por ejemplo, registradores en cinta y memorias de computador) y de algunos sistemas de control o mando para el control del transmisor situado a bordo del satélite. La programación temporal debe ser controlada mediante los mismos mecanismos/organizaciones empleados por el servicio móvil (teledida de prueba de vuelo aeronáutico), con la dificultad añadida de que el satélite puede ser visto al mismo tiempo desde varias zonas de programación. Este nuevo requisito podría hacer necesaria la introducción de cambios importantes y costosos en las organizaciones de programación temporal así como en el equipo utilizado para las comunicaciones entre las zonas actuales. Si se lanzaran los satélites de exploración de la Tierra que el actual Reglamento autoriza en la banda de 1525-1535 MHz, plantearían este tipo de problemas de programación temporal en la Región 2, si bien tanto el servicio móvil como el servicio de exploración de la Tierra son secundarios respecto a las atribuciones a las operaciones espaciales (teledida).

2.3 *Satélites con órbitas ecuatoriales próximas a la Tierra:* Tales satélites plantearían los mismos problemas que los satélites geoestacionarios, en el sentido de que el lóbulo primario de la antena de las ubicaciones de tierra receptoras de teledida probablemente interceptara la posición del satélite, lo cual ocurriría varias veces al día. Su baja altitud en comparación con los satélites geoestacionarios puede ocultarles con respecto a algunas ubicaciones receptoras de alta latitud, pero ello también supondría una menor atenuación en el espacio libre de sus señales. Estos satélites interferirían, por tanto, con la teledida a bajas latitudes y sería también necesaria la programación temporal y un sistema de control para la compartición cocanal.

3. Interferencia en los receptores de satélite debida a transmisiones procedentes de estaciones de teledida de a bordo

Por lo general, las características de los receptores a bordo de satélites y las órbitas de los satélites no están suficientemente definidas como para especificar en el presente documento la degradación previsible en presencia de señales de teledida. Las actitudes anormales de la aeronave en pruebas de rotación, con motor parado u otras maniobras específicas exigirán que en el satélite receptor se tenga en cuenta el haz primario del diagrama de radiación de la antena de la aeronave. Así pues, la p.i.r.e. de la señal procedente de la aeronave puede ser de hasta 24 dBW. La señal puede estar concentrada en una frecuencia discreta durante un periodo corto de tiempo, pero lo más normal es que se disperse como una señal MF con índice de modulación comprendido entre 1 y 5 y anchura de banda entre 650 kHz y 9 MHz. El transmisor de teledida puede estar situado en la superficie de la Tierra o bien a cualquier altitud, incluso orbital. La combinación de transmisor, antena y método de modulación, puede estar diseñada para una sola utilización y depende en gran medida de la disponibilidad de equipo, pudiendo no ser el diseño óptimo desde el punto de vista de un ingeniero de telecomunicaciones. Está claro que, a menos que se acepten la coordinación y la programación temporal por todos los titulares de licencias de la banda, la probabilidad de que se produzcan interferencias es muy elevada.

4. Interferencias en receptores de satélite debidas a transmisiones procedentes de estaciones de teledida en tierra

Normalmente se considera que las antenas de las estaciones de teledida de tierra están destinadas únicamente a recepción. No hay reglamentación a este respecto y las señales de teledida de enlace ascendente tienen escasa utilización. La limitada anchura de banda del espectro disponible, además de provocar congestión y demanda de un espectro mayor, motiva la instalación de sistemas innovativos a bordo de las aeronaves. Dichos sistemas necesitan enlaces ascendentes de datos para controlar el proceso de recogida de datos o enlaces ascendentes de teledida para combinar datos de tierra con datos recogidos a bordo del vehículo. Estos sistemas dan lugar a unas intensidades de campo en el satélite más altas que las de los sistemas de teledida de a bordo

vistos más arriba. En la actualidad no hay suficiente número de tales sistemas como para establecer potencias de salida típicas, pero la intensidad de señal necesaria es mayor para la estación receptora de la aeronave que para la estación receptora de tierra. Esto se debe a que el receptor de a bordo no contiene los elementos criogénicos necesarios en los receptores de bajo ruido, y las variaciones de temperatura, vibraciones a bordo de las aeronaves, etc. hacen imposibles muchas técnicas empleadas para conseguir receptores de bajo ruido.

5. Conclusiones

En la banda de 2,3 GHz, puede haber compartición entre los servicios terrenales atribuidos, utilizando las diversas técnicas de gestión de frecuencias ya analizadas, es decir, programación temporal, asignaciones de frecuencias diferentes, protección del terreno, etc. Por otra parte, la explotación de satélites en bandas comunes con el servicio móvil experimentará interferencia mutua con los usuarios de teledifusión, a menos que todos los titulares de licencias acepten el establecimiento de una programación temporal. La introducción, en una zona con programación temporal, de los satélites que transmiten de modo continuo supondría una dificultad importante a los titulares de licencia de teledifusión, al ampliar las zonas de interferencia. La organización de la explotación y los sistemas de telecomunicaciones necesarios para establecer una sola organización de programación temporal resultarían costosos a los titulares de licencias. Consideraciones de tipo práctico hacen pensar que resultaría muy difícil la implantación de tal procedimiento de programación temporal.

Las asignaciones de frecuencia cocanal a los servicios móvil y por satélite sólo resultan prácticas cuando los satélites no transmiten en el espacio visto desde las ubicaciones receptoras de teledifusión, o cuando se hace uso de una sola organización de programación temporal para evitar la utilización perjudicial simultánea de una frecuencia.

De acuerdo con las atribuciones de frecuencias de la CAMR-79, se reconoce que para 1990 el servicio móvil marítimo por satélite necesitará el segmento de banda 1530-1535 MHz y que las operaciones espaciales pueden necesitar el segmento de banda 1525-1530 MHz desde el 1 de enero de 1982.

ANEXO III

ALGUNOS SISTEMAS DE RADIONAVEGACIÓN QUE NO FIGURAN EN EL ANEXO 10 A LA CONVENCIÓN DE LA OACI (CHICAGO, 1944)

1. Introducción

En todo el mundo, los operadores de las aeronaves de aviación civil utilizan una serie de sistemas de radionavegación muy generalizados.

Tales sistemas, cuando se utilizan para la navegación de las aeronaves, pueden estar sometidos a interferencia perjudicial. Por consiguiente, con objeto de completar la información, se mencionarán en este anexo.

2. Loran-C, Omega y Decca Navigator

Aunque los sistemas Loran-C, Omega y Decca Navigator han sido utilizados principalmente por los marinos, un número elevado de operadores de aeronaves utilizan actualmente estos mismos sistemas.

El Loran-C puede proporcionar una fijación de la posición con una exactitud superior a 500 m y una exactitud de repetibilidad de 18 a 90 m, pero su cobertura es geográficamente limitada. El Decca Navigator proporciona un rendimiento similar.

El sistema Omega puede proporcionar una cobertura mundial fiable con una exactitud de unos 10 km a causa de sus características de propagación y estabilidad de fase.

Tales servicios requieren protección contra la interferencia perjudicial. En el Informe 915 se examinan los criterios de protección requeridos para el Loran-C.

3. Sistemas de radionavegación por satélite

3.1 Están en fase de estudio o en curso de introducción algunos sistemas de radionavegación por satélite que se pondrán a disposición de los operadores en tierra, marinos y de aeronave.

3.2 Entre los sistemas disponibles en la actualidad figuran el TRANSIT y el GPS (sistema global de determinación de la posición), que proporcionan un servicio de determinación de la posición. La precisión predecible del TRANSIT es 500 m (una sola frecuencia) y la precisión predecible del GPS será menor o igual que 100 m. A medida que se lancen más satélites del sistema GPS, aumentará la continuidad de dicho servicio. El sistema GPS proporcionará igualmente información de la velocidad respecto del suelo.

3.3 Se emplean técnicas de proceso de las señales en los receptores del satélite para reducir muchos tipos de interferencia; no obstante, se requieren nuevos estudios de los criterios de protección contra la interferencia producida a la radionavegación por satélite.