

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R SM.1009-1**  
(10/1995)

**Compatibilidad entre el servicio  
de radiodifusión sonora en la banda  
de aproximadamente 87-108 MHz  
y los servicios aeronáuticos  
en la banda 108-137 MHz**

**Serie SM**  
**Gestión del espectro**



## Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

### Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

#### Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión sonora
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radio astronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	<b>Gestión del espectro</b>
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	Vocabulario y cuestiones afines

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2011

© UIT 2011

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1009-1\*

**COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN SONORA  
EN LA BANDA DE APROXIMADAMENTE 87-108 MHz Y LOS  
SERVICIOS AERONÁUTICOS EN LA BANDA 108-137 MHz**

(1993-1995)

**Alcance**

En esta Recomendación se facilitan criterios, métodos y técnicas para la compatibilidad entre el servicio de radiodifusión de sonido en la banda de cerca de 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz.

**Palabras clave**

Compatibilidad, servicio de radiodifusión de sonido, servicio aeronáutico

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que para mejorar la eficacia de la utilización del espectro, es necesario perfeccionar los criterios utilizados al evaluar la compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz;
- b) que es preciso elaborar un método de análisis de la compatibilidad para identificar las posibles incompatibilidades asociadas a un Plan de asignaciones a gran escala a la radiodifusión;
- c) que es necesario contar con un método de análisis detallado de la compatibilidad, caso a caso, para investigar los posibles casos de incompatibilidad identificados en un análisis a gran escala o para la evaluación individual de las asignaciones propuestas a la radiodifusión o a los servicios aeronáuticos;
- d) que es necesario continuar perfeccionando los criterios de compatibilidad y los métodos de evaluación,

*reconociendo*

que desde 1984 se viene efectuando la coordinación mediante otros criterios o métodos,

*recomienda*

- 1 que se utilicen los criterios del Anexo 1 para los cálculos de compatibilidad;
- 2 que se utilice el método del Anexo 2 para predecir las posibles incompatibilidades asociadas a un Plan de asignaciones a gran escala a la radiodifusión;
- 3 que se utilicen las técnicas del Anexo 3 para los cálculos detallados de compatibilidad, caso a caso, referentes a los casos de interferencia potencial identificados mediante el método del Anexo 2 o en relación con la evaluación individual de las asignaciones individuales propuestas a las estaciones de radiodifusión o aeronáuticas;
- 4 que adicionalmente se utilicen los resultados de las verificaciones prácticas o de las situaciones de predicción de la compatibilidad, así como cualquier otra información pertinente, para la coordinación y a fin de continuar perfeccionando los criterios de compatibilidad, el método de evaluación y las técnicas de los Anexos 1, 2 y 3, respectivamente.

*Nota del Director* – A continuación se ofrece una lista de documentos seleccionados que puede ser útil para los estudios sobre compatibilidad entre los servicios de radionavegación aeronáutica y radiocomunicación y el servicio de radiodifusión sonora:

**1 Documentos de conferencia de la UIT**

Conferencia Administrativa Regional de radiodifusión sonora en modulación de frecuencia en la banda de ondas métricas (Región 1 y ciertos países interesados de la Región 3). Primera reunión (Ginebra, 1982): Informe establecido para la segunda reunión de la Conferencia (Ginebra, 1982).

Actas Finales de la Conferencia Administrativa Regional para la planificación de la radiodifusión sonora en ondas métricas (Región 1 y parte de la Región 3) (Ginebra, 1984).

---

\* La Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2010 y 2019, de acuerdo con lo dispuesto en la Recomendación UIT-R.

## 2 Documentos del ex-CCIR (Düsseldorf, 1990)

Informe 929-2: Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz.

Informe 1198: Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda 87,5-108 MHz y los servicios aeronáuticos que utilizan la banda 108-137 MHz.

Informe 927-2: Consideraciones generales relativas a la interferencia perjudicial desde el punto de vista de los servicios móviles aeronáuticos y el servicio de radionavegación aeronáutica.

NOTA 1 – Los Informes 929-2 y 1198 representan la culminación de las tareas:

- del Grupo Interino de Trabajo 8/12 (Annapolis, 1983)
- del Grupo Interino de Trabajo 10/8 (París, 1983)
- del Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1, primera reunión (Ginebra, 1984)
- del Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1, segunda reunión (Rio de Janeiro, 1987)
- del Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1, tercera reunión (Helsinki, 1988),

y figuran en la publicación del ex-CCIR siguiente (Düsseldorf, 1990):

- Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz.

## 3 Documentos de la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI)

OACI [1985] International standards, recommended practices and procedures for air navigation services: aeronautical telecommunications. Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation, Volume I. Organización de la Aviación Civil Internacional, Montreal, Canadá.

OACI [1992] Handbook for evaluation of electromagnetic compatibility (EMC) between ILS and FM broadcasting stations using flight tests. Organización de la Aviación Civil Internacional, Montreal, Canadá.

## 4 Otros documentos

AUGSTMAN, E. y VOWLES, S. [1986] Frequency response characteristics of aircraft VOR/localizer antennas in the band 88-118 MHz, TP-7942E. Transport Canada, Ottawa, Canadá.

DONG, J.G. y SAWTELLE, E.M. [1977] Interference in communications and navigation avionics from commercial FM stations. FAA Report No. RD-78-35. Federal Aviation Administration, Washington, DC, Estados Unidos de América.

FAA [1992] User's manual and technical reference for the airspace analysis mathematical model, Version 4.1. Federal Aviation Administration, Washington, DC, Estados Unidos de América.

HARDING, S.J. [1989] Aeronautical receiver immunity to high level signals from FM broadcast transmitters, CA.A Paper 89012. Civil Aviation Authority, Londres, Reino Unido.

HUNT, K., DOEVEN, J. y FINNIE, J. [septiembre de 1993] LEGBAC: De "Church House" a Málaga vía Aviemore. *Boletín de Telecom.*, Vol. 60, N.º IX.

RTCA [1981] FM broadcast interference related to airborne ILS, VOR and VHF communications, Document No. RTCA/DO-176. Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, DC, Estados Unidos de América.

RTCA [1985] Minimum operational performance standards for airborne radiocommunications receiving equipment operating within the radio frequency range of 117.975-137.000 MHz, Document No. RTCA/DO-186. Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, DC, Estados Unidos de América.

RTCA [1986a] Minimum operational performance standards for airborne ILS localizer receiving equipment operating within the radio frequency range of 108-112 MHz, Document No. RTCA/DO-195. Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, DC, Estados Unidos de América.

RTCA [1986b] Minimum operational performance standards for airborne VOR receiving equipment operating within the frequency range of 108-117.95 MHz, Document No. RTCA/DO-196. Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, DC, Estados Unidos de América.

## ANEXO 1

## Mecanismos de interferencia, parámetros del sistema y criterios de evaluación de la compatibilidad

### ÍNDICE

		<i>Página</i>
1	Antecedentes e introducción.....	3
2	Tipos de mecanismos de interferencia.....	3
3	Parámetros de evaluación de la compatibilidad.....	4
4	Criterios de evaluación de la compatibilidad.....	9
Apéndice 1 – Zona de cobertura e intensidades de campo mínimas de los equipos de localizador ILS y VOR (extracto del Anexo 10 al Convenio de la OACI).....		16

## 1 Antecedentes e introducción

La interferencia producida por el servicio de radiodifusión con modulación de frecuencia (MF)\* a los localizadores del sistema de aterrizaje con instrumentos (ILS – Instrument Landing System), a los radiofaros omnidireccionales en ondas métricas (VHF) (VOR - VHF omnidirectional radio range) y a los equipos de comunicaciones en ondas métricas\*\* es un problema ampliamente reconocido entre los usuarios de las facilidades de aviación. En los receptores de comunicaciones aire-tierra, dicho problema de interferencia abarca desde la perturbación de las señales de audio, a la recepción distorsionada y mutilada. En los localizadores ILS y receptores VOR de a bordo, el problema de interferencia abarca desde las molestas señales de audio, hasta errores en la desviación de rumbo y funcionamiento de banderines. Se considera que la interferencia en estos receptores de navegación es el problema más serio, dado que un error en la desviación de rumbo, especialmente durante la fase crítica de aproximación y aterrizaje, no resulta tan rápidamente evidente para el piloto como la interrupción de las comunicaciones.

La interferencia en los receptores de aeronave varía según la marca y el modelo del receptor de navegación y de comunicaciones. La probabilidad de recibir interferencia perjudicial está aumentando debido a la necesidad creciente de asignaciones adicionales de frecuencia a los servicios aeronáuticos y de radiodifusión.

Este Anexo describe:

- los mecanismos de interferencia;
- los parámetros de los sistemas de radionavegación aeronáutica y de radiocomunicaciones afectados;
- los parámetros del sistema de las estaciones de radiodifusión con modulación de frecuencia;
- los criterios de evaluación de la compatibilidad para los receptores de tipo Montreal (véanse las definiciones en el Anexo 4);
- los criterios de evaluación de la compatibilidad para los receptores de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI obtenidos de los procedimientos de medición de la Recomendación UIT-R SM.1140.

## 2 Tipos de mecanismos de interferencia

En general, desde el punto de vista de un localizador ILS y de un receptor VOR, la modulación de la transmisión de radiodifusión con frecuencia modulada puede considerarse como un ruido. No obstante, las frecuencias de 90 Hz y 150 Hz son específicas y vulnerables en el localizador ILS, al igual que las frecuencias de 30 Hz y 9960 Hz lo son en el VOR, ya que dichas frecuencias proporcionan un guiado crítico para los sistemas en cuestión y son por tanto, sensibles a la interferencia.

---

*Notas del Director:*

\* Para la descripción de las características de las estaciones de radiodifusión con modulación de frecuencia, véase el Informe UIT-R BS.1198.

\*\* Para la descripción de los sistemas de aterrizaje con instrumentos, de radiofaros omnidireccionales en ondas métricas y de comunicaciones en ondas métricas, véase el Informe UIT-R M.927.

## 2.1 Interferencia de Tipo A

### 2.1.1 Introducción

La interferencia de Tipo A es la causada por las emisiones no deseadas de uno o más transmisores de radiodifusión, en la banda aeronáutica.

### 2.1.2 Interferencia de Tipo A1

Un solo transmisor puede generar emisiones no esenciales o varios transmisores de radiodifusión pueden modularse entre ellos, produciendo componentes que caen en las bandas de frecuencias aeronáuticas; a esto se le denomina interferencia de Tipo A1.

### 2.1.3 Interferencia de Tipo A2

Una señal de radiodifusión puede incluir componentes no despreciables en las bandas aeronáuticas; este mecanismo de interferencia, que se denomina interferencia de Tipo A2, se producirá en la práctica únicamente a partir de transmisores de radiodifusión que tengan frecuencias próximas a 108 MHz e interferirá únicamente en las frecuencias de los servicios de localizador ILS/VOR próximas a 108 MHz.

## 2.2 Interferencia de Tipo B

### 2.2.1 Introducción

Se denomina interferencia de Tipo B a la interferencia generada en un receptor aeronáutico por las transmisiones de radiodifusión en frecuencias que caen fuera de la banda aeronáutica.

### 2.2.2 Interferencia de Tipo B1

Es la intermodulación que puede generarse en un receptor de a bordo como resultado de que una señal de radiodifusión de alta potencia fuera de la banda aeronáutica, lo ha llevado a la zona de no linealidad. Para que se produzca este tipo de interferencia, son necesarias, al menos, dos señales de radiodifusión con una relación de frecuencia que, en la combinación no lineal, pueda generar un producto de intermodulación dentro del canal RF deseado utilizado por el receptor aeronáutico. Una de las señales de radiodifusión ha de tener suficiente amplitud potente para situar al receptor en la zona de fuerte no linealidad, entonces puede haber interferencia aunque la(s) otra(s) señal(es) puedan ser de bastante menor amplitud.

Sólo se consideran los productos de intermodulación de tercer orden que adoptan la forma siguiente:

$$f_{intermod} = 2f_1 - f_2 \quad \text{caso de dos señales, o}$$

$$f_{intermod} = f_1 + f_2 - f_3 \quad \text{caso de tres señales}$$

siendo:

$f_{intermod}$ : frecuencia del producto de intermodulación (MHz)

$f_1 + f_2 + f_3$ : frecuencias de radiodifusión (MHz), con  $f_1 \geq f_2 > f_3$ .

### 2.2.3 Interferencia de Tipo B2

Se denomina así a la desensibilización que ocurre cuando la sección RF del receptor de a bordo está sobrecargada por una (o varias) transmisiones de radiodifusión.

## 3 Parámetros de evaluación de la compatibilidad

### 3.1 Introducción

En este punto se identifican los parámetros de los transmisores y receptores aeronáuticos ILS, VOR y COM que interesan en una evaluación de compatibilidad.

3.2 Características de los sistemas aeronáuticos

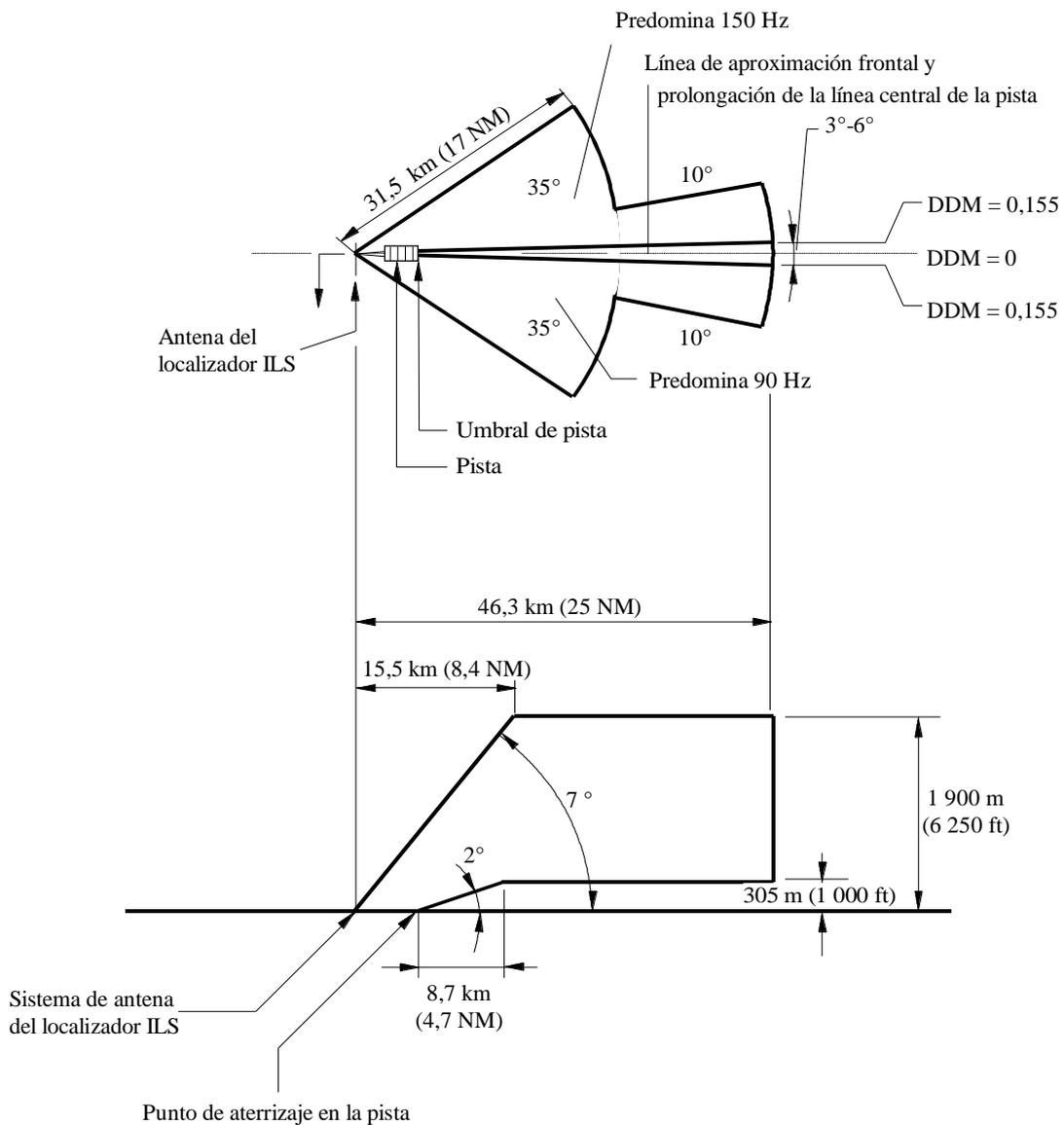
3.2.1 Localizador ILS

3.2.1.1 Cobertura operacional designada (véase la Nota 1)

La Fig. 1 ilustra una cobertura operacional designada (DOC) típica para la trayectoria frontal de un localizador ILS, sobre la base del Anexo 10 del Convenio de la OACI (véase la Nota 1). La DOC puede también comportar una zona trasera. Algunas administraciones utilizan también el localizador ILS como sistema auxiliar de guiado en la aproximación y la DOC puede no estar alineada con una pista de aterrizaje.

NOTA 1 – Véanse las definiciones en el Anexo 4.

FIGURA 1  
DOC frontal típica de un localizador ILS



NM: Millas náuticas

Nota 1 – Todas las elevaciones se expresan respecto a la elevación del emplazamiento del localizador.

Nota 2 – La figura no está dibujada a escala.

### 3.2.1.2 Intensidad de campo

La intensidad de campo mínima que hay que proteger con la DOC frontal del localizador ILS (véase el § 3.1.3.3 del Apéndice 1) es 32 dB( $\mu$ V/m) (40  $\mu$ V/m). Si se da servicio en la zona de cobertura posterior del localizador ILS, la intensidad de campo que hay que proteger también es de 32 dB( $\mu$ V/m). En ciertas zonas de la DOC del localizador ILS, el Anexo 10 del Convenio de la OACI (véase la Nota 1) prevé una intensidad de campo superior para aumentar la relación señal/ruido recibida, aumentando con ello la robustez del sistema. Este es el caso del sector de la trayectoria frontal (véase la Nota 2) del localizador ILS que va desde una distancia de 18,5 km (10 NM) hasta el punto de aterrizaje en la pista, sector (véase la Nota 2) en el que se requieren señales de 39-46 dB( $\mu$ V/m), dependiendo de la categoría de la instalación (I, II, III) del ILS en cuestión (véase el § 3.1.3.3 del Apéndice 1).

NOTA 1 – En el Apéndice 1 figura la parte correspondiente del Anexo 10 al Convenio de la OACI.

NOTA 2 – Véanse las definiciones en el Anexo 4.

### 3.2.1.3 Frecuencias

Las frecuencias del localizador ILS se encuentran en la banda 108-112 MHz. Los 40 canales disponibles están en: 108,10, 108,15, 108,30, 108,35 MHz, etc. a 111,70, 111,75, 111,90 y 111,95 MHz.

### 3.2.1.4 Polarización

La señal del localizador ILS está polarizada horizontalmente.

## 3.2.2 VOR

### 3.2.2.1 Cobertura operacional designada

La DOC de un VOR puede variar de una instalación a otra; por ejemplo, un terminal VOR puede tener un radio de 74 km (40 NM) y de 370 km (200 NM) para el caso de un VOR de ruta. Los detalles pueden obtenerse en las Publicaciones de Información Aeronáutica (AIP) (véanse las definiciones en el Anexo 4) nacionales adecuadas.

### 3.2.2.2 Intensidad de campo

La intensidad de campo mínima que debe protegerse con la DOC (véase el § 3.3.4.2 del Apéndice 1) es de 39 dB( $\mu$ V/m) (90  $\mu$ V/m). Los valores nominales de la potencia radiada aparente (p.r.a.) necesaria para lograr esta intensidad de campo están dados en la Fig. 2.

### 3.2.2.3 Frecuencias

En la banda 108-112 MHz, las frecuencias del VOR se sitúan entre las frecuencias del localizador ILS y son las siguientes: 108,05, 108,20, 108,25, 108,40, 108,45 MHz, etc., a 111,60, 111,65, 111,80 y 111,85 MHz. Las frecuencias VOR ocupan canales separados a intervalos de 50 kHz en la banda 112-118 MHz, de la siguiente manera: 112,00, 112,05 ... 117,95 MHz.

### 3.2.2.4 Polarización

La señal VOR está polarizada horizontalmente.

## 3.2.3 COM

### 3.2.3.1 Cobertura operacional designada

La DOC de una instalación de comunicación COM puede variar ampliamente de una instalación a otra (normalmente, desde un radio de 9,3 km (5 NM) a un radio de 370 km (200 NM)). Los detalles se obtienen en cada país proveedor (véanse las definiciones en el Anexo 4).

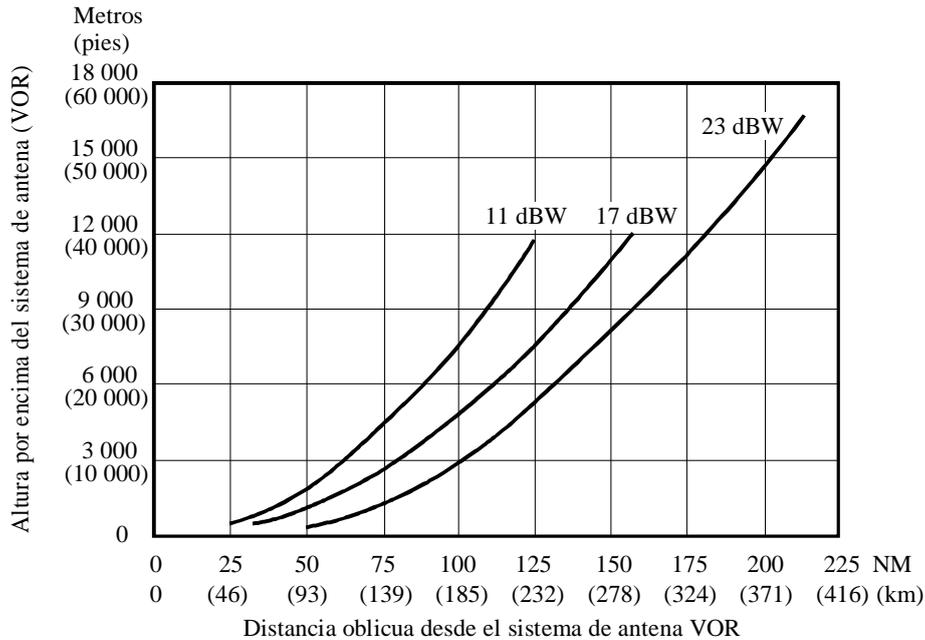
### 3.2.3.2 Intensidad de campo

El Anexo 10 al Convenio de la OACI no especifica una intensidad de campo mínima que deba dar un transmisor COM; por el contrario, en el § 4.6.1.2 de la Parte I se indica que la p.r.a. será tal que dé una intensidad de campo de 38 dB( $\mu$ V/m) (75  $\mu$ V/m) en un gran porcentaje de ocasiones.

### 3.2.3.3 Frecuencias

Las frecuencias de los receptores COM ocupan canales separados 25 kHz en la banda 118-137 MHz: 118,000, 118,025 ... 136,975 MHz.

FIGURA 2  
**Relación en distancia/altura de la cobertura del VOR  
 en funciones de la p.r.a.**



*Nota 1* – Valor nominal de la potencia radiada aparente del VOR necesaria para dar una intensidad de campo 39 dB(μV/m) (densidad de potencia de -107 dB(W/m<sup>2</sup>)), para diversas distancias oblicuas y alturas utilizando un sistema de antena típico situado a 4,9 m (16 pies) sobre el suelo. Estas curvas se basan en una amplia experiencia con una serie de instalaciones e indican la p.r.a. necesaria para lograr la densidad de potencia especificada en un gran porcentaje de ocasiones, teniendo en cuenta la propagación y las características típicas de la instalación en tierra y de aeronave.

*Origen:* Anexo 10 al Convenio de la OACI, adjunto C a la Parte I, Fig. C-13.

D02

**3.2.3.4 Polarización**

La señal COM está polarizada verticalmente.

**3.3 Características de las estaciones de radiodifusión con modulación de frecuencia**

**3.3.1 Potencia radiada aparente máxima**

Debe utilizarse el valor más preciso disponible de la p.r.a. máxima para los cálculos de compatibilidad.

**3.3.2 Diagrama de radiación horizontal**

En los cálculos de compatibilidad debe utilizarse la información más precisa disponible sobre el diagrama de radiación horizontal.

**3.3.3 Diagrama de radiación vertical**

En los cálculos de compatibilidad debe utilizarse la información más precisa disponible sobre el diagrama de radiación vertical.

**3.3.4 Supresión de emisiones no esenciales**

En la experiencia de América del Norte, no ha sido, en general, necesario exigir la supresión en más de 80 dB de las emisiones no esenciales. Considerando las circunstancias especiales de la Región 1 y de algunas zonas de la Región 3, se recomiendan los valores del Cuadro 1 para supresión de las emisiones no esenciales en la banda aeronáutica 108-137 MHz, debidas a productos de intermodulación radiados desde transmisores de radiodifusión situados en el mismo emplazamiento.

CUADRO 1

p.r.a. máxima (dBW)	Supresión con relación a la p.r.a. máxima (dB)
$\geq 48$	85
30	76
$< 30$	46 + p.r.a. máxima (dBW)

NOTA 1 – Se utiliza la interpolación lineal entre los valores de la p.r.a. máxima de 30 y 48 dBW.

### 3.3.5 Frecuencias

Las bandas de funcionamiento figuran en el Reglamento de Radiocomunicaciones. En la Región 1 y en algunas partes de la Región 3, se utiliza la banda 87,5-108 MHz con canales cada 100 kHz (87,6, 87,7 ... 107,9 MHz). En la Región 2 se utiliza la banda 88-108 MHz con canales cada 200 kHz (88,1, 88,3 ... 107,9 MHz).

### 3.3.6 Polarización

La polarización de una señal con modulación de frecuencia puede ser horizontal, vertical o mixta.

### 3.3.7 Cálculo de la intensidad de campo en el espacio libre para las señales de radiodifusión

La intensidad de campo en el espacio libre se determina según la fórmula siguiente:

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + H + V \quad (1)$$

siendo:

en el trayecto  $E$ : intensidad de campo (dB( $\mu$ V/m)) de la señal de radiodifusión

$P$ : p.r.a. máxima (dBW) de la estación de radiodifusión

$d$ : distancia oblicua (km) (véase la definición en el Anexo 4)

$H$ : corrección del diagrama de radiación horizontal (dB)

$V$ : corrección del diagrama de radiación vertical (dB).

En el caso de una estación de radiodifusión con polarización mixta, la p.r.a. máxima a utilizar es la mayor de las componentes horizontal y vertical. No obstante, cuando los componentes horizontal y vertical tienen valores iguales, la p.r.a. máxima que debe utilizarse se obtiene añadiendo 1 dB al valor de la componente horizontal.

## 3.4 Potencia de entrada en el receptor

Suponiendo un diagrama de radiación de antena de la aeronave sin directividad, las intensidades de campo de la señal de radiodifusión y de la señal aeronáutica se convierten en potencia a la entrada del receptor aeronáutico, según las fórmulas siguientes:

a) para una señal de radiodifusión en la banda 87,5-108,0 MHz

$$N = E - 118 - L_s - L(f) - L_a \quad (2)$$

siendo:

$N$ : nivel de la señal de radiodifusión (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico

$E$ : intensidad de campo (dB( $\mu$ V/m)) de la señal de radiodifusión

$L_s$ : pérdidas de reparto de la señal, de 3,5 dB

$L(f)$ : pérdidas del sistema de antena dependiente de la frecuencia, a la frecuencia de radiodifusión  $f$  (MHz) de 1,2 dB por MHz, por debajo de 108 MHz

$L_a$ : pérdidas fijas del sistema de antena de 9 dB

b) para una señal aeronáutica y una señal de Tipo A1 en la banda 108-118 MHz:

$$N_a = E_a - 118 - L_s - L_a \tag{3}$$

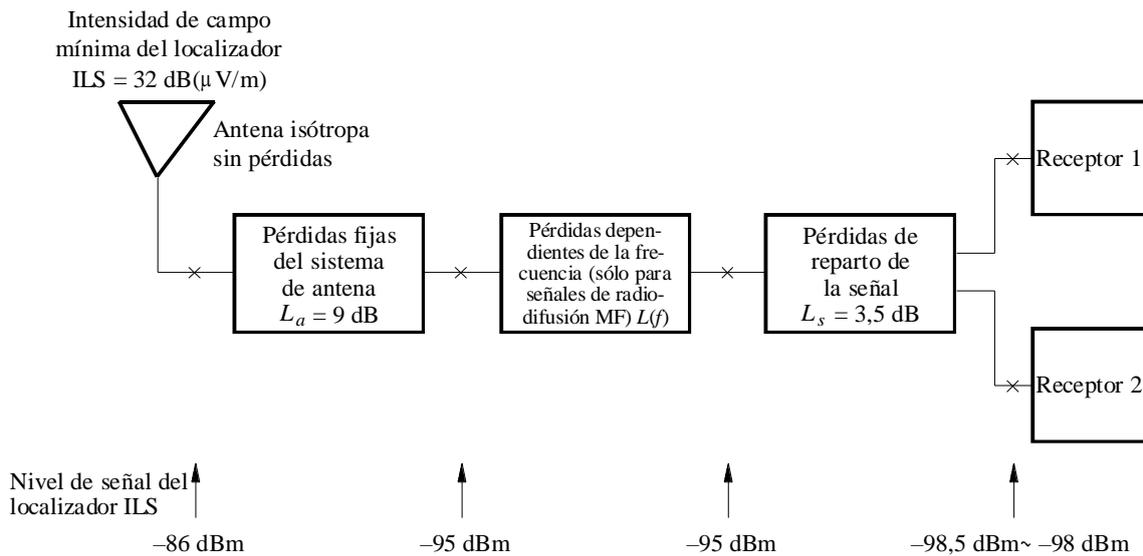
siendo:

$N_a$ : nivel de la señal (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico

$E_a$ : intensidad de campo (dB(μV/m)) de la señal aeronáutica o de Tipo A1.

La Fig. 3 muestra la forma de convertir la intensidad de campo mínima del localizador ILS de 32 dB(μV/m) en -98 dBm a la entrada del receptor de una instalación típica de recepción aeronáutica, utilizando la fórmula (3).

FIGURA 3  
**Conversión de la intensidad de campo mínima del localizador ILS en un nivel de señal a la entrada de un receptor aeronáutico**



*Nota 1* – La instalación típica de una aeronave incluye un repartidor de señal con el que se alimenta a dos receptores aeronáuticos.

*Nota 2* – Las pérdidas dependientes de la frecuencia,  $L(f)$ , son iguales a cero para las frecuencias aeronáuticas y, por tanto, no aparecen en la fórmula (3).

D03

## 4 Criterios de evaluación de la compatibilidad

### 4.1 Umbrales de interferencia normalizados

Un nivel umbral de interferencia es el nivel de potencia mínimo de una señal interferente que da lugar a una degradación inaceptable de la calidad del receptor. En las mediciones de laboratorio y en las pruebas en vuelo con localizadores ILS y receptores VOR, se ha visto que:

- el umbral de interferencia con el que se produce un cambio de la corriente de guía (véase la definición en el Anexo 4) del rumbo se excede generalmente antes de que aparezca la bandera;
- un aumento de 1 a 3 dB de los niveles de la señal interferente por encima de los niveles de umbral de interferencia dará lugar a un cambio importante de la corriente de guía del rumbo o a que aparezca la bandera.

Empleando señales de radiodifusión simuladas, se utilizaron los umbrales de interferencia indicados en los § 4.1.1 a 4.1.3 para normalizar las mediciones de laboratorio de la interferencia de Tipo A y de Tipo B, habiéndolas elegido de forma que fuesen representaciones razonables de situaciones de explotación típicas.

#### 4.1.1 Localizador ILS

Los umbrales de interferencia para una señal deseada con una diferencia de índices de modulación (véase la definición en el Anexo 4) de 0,093 son:

- un cambio en la corriente de guía del rumbo de 7,5  $\mu\text{A}$  (véase la Nota 1); o
- la aparición de la bandera, según el que se produzca primero.

#### 4.1.2 VOR

Los umbrales de interferencia con una señal deseada presente son:

- un cambio de la indicación de marcación en 0,5°, correspondiente a una corriente de guía del rumbo de 7,5  $\mu\text{A}$  (véase la Nota 1); o
- un cambio en el nivel de la tensión de audio de 3 dB; o
- la aparición de la bandera durante más de 1 s.

NOTA 1 – Para las mediciones de la corriente de guía de rumbo, véase el § 4.2 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R IS.1140.

#### 4.1.3 COM

Los umbrales de interferencia para receptores COM de abordaje son los siguientes:

- con una señal deseada presente, el umbral de interferencia es una reducción a 6 dB en la relación (señal de audio más ruido)/ruido  $(S + N)/N$ ; o
- sin señal deseada presente, la interferencia no debe hacer funcionar el silenciador.

### 4.2 Criterios de evaluación de la interferencia – Localizador ILS y receptores VOR de tipo Montreal (véanse las definiciones en el Anexo 4)

#### 4.2.1 Interferencia de Tipo A1

El Cuadro 2 da los valores de la relación de protección que ha de utilizarse. No es necesario considerar la interferencia de Tipo A1 para diferencias de frecuencia mayores de 200 kHz.

CUADRO 2

Diferencia entre las frecuencias de la señal deseada y de la emisión no esencial (kHz)	Relación de protección (dB)
0	14
50	7
100	-4
150	-19
200	-38

#### 4.2.2 Interferencia de Tipo A2

Las relaciones de protección que deben utilizarse figuran en el Cuadro 3. No es necesario considerar la interferencia de Tipo A2 para diferencias de frecuencia mayores de 300 kHz.

#### 4.2.3 Interferencia de Tipo B1

##### 4.2.3.1 Fórmulas de evaluación de la compatibilidad

Teniendo en cuenta que los localizadores ILS y los receptores VOR ensayados no tienen una buena inmunidad para interferencia de Tipo B1, deben utilizarse las formuladas indicadas a continuación para evaluar las posibles incompatibilidades.

NOTA 1 – Se dice que existe una incompatibilidad potencial (véase la definición en el Anexo 4) cuando se satisface la fórmula pertinente.

a) *Caso de dos señales*: Receptor de tipo Montreal

$$2 \{ N_1 - 28 \log \{ \text{máx} (1,0; f_A - f_1) \} \} + N_2 - 28 \log \{ \text{máx} (1,0; f_A - f_2) \} + K - L_c > 0 \tag{4}$$

b) *Caso de tres señales*: Receptor de tipo Montreal

$$N_1 - 28 \log \{ \text{máx} (1,0; f_A - f_1) \} + N_2 - 28 \log \{ \text{máx} (1,0; f_A - f_2) \} + N_3 - 28 \log \{ \text{máx} (1,0; f_A - f_3) \} + K + 6 - L_c > 0 \tag{5}$$

siendo:

- $N_1, N_2, N_3$  : niveles de las señales de radiodifusión (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico en las frecuencias de radiodifusión  $f_1, f_2$  y  $f_3$  respectivamente
- $f_A$  : frecuencia aeronáutica (MHz)
- $f_1, f_2, f_3$  : frecuencia de radiodifusión (MHz)  $f_1 \geq f_2 > f_3$
- $K =$  140 para localizar ILS
- $K =$  33 para el VOR
- $L_c$  : factor de corrección (dB) para tener en cuenta los cambios de nivel de la señal del localizador ILS o del VOR (véase el § 4.2.3.3).

CUADRO 3

Diferencia entre las frecuencias de la señal deseada y la señal de radiodifusión (kHz)	Relación de protección (dB)
150	-41
200	-50
250	-59
300	-68

**4.2.3.2 Corrección del desplazamiento de frecuencia**

Antes de aplicar las fórmulas (4) y (5), se aplica a cada nivel de la señal un factor de corrección obtenido del Cuadro 4:

$$N \text{ (corregido)} = N - \text{término de corrección}$$

No es necesario considerar la interferencia de Tipo B1 para diferencias de frecuencias superiores a 200 kHz.

CUADRO 4

Diferencia entre las frecuencias de la señal deseada y del producto de intermodulación (kHz)	Término de corrección (dB)
0	0
50	2
100	8
150	16
200	26

#### 4.2.3.3 Factor de corrección para cambios en la inmunidad a la interferencia de Tipo B1 resultantes de variaciones en el nivel de la señal deseada

Puede aplicarse el factor de corrección siguiente al localizador ILS y al VOR en los casos de dos y tres señales:

$$L_c = N_A - N_{ref} \quad (6)$$

siendo:

$L_c$ : factor de corrección (dB) para tener en cuenta el cambio del nivel de la señal deseada

$N_A$ : nivel de la señal deseada (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico

$N_{ref}$ : nivel de referencia (dB) de la señal deseada a la entrada del receptor aeronáutico para la fórmula de inmunidad a la interferencia de Tipo B1

= -89 dBm para el localizador ILS; y

= -82 dBm para el VOR.

#### 4.2.3.4 Valores de activación y de corte (véanse las definiciones en el Anexo 4)

$$\text{Valor de activación} = \frac{L_c - K}{3} + 28 \log \{\text{máx}(1,0; f_A - f)\} \quad \text{dBm} \quad (7)$$

$$\text{Valor de corte} = -66 + 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; 108,1 - f)}{0,4} \quad \text{dBm} \quad (8)$$

siendo:

$L_c$ : factor de corrección (dB) que tiene en cuenta el cambio de la señal deseada (véase el § 4.2.3.3)

$K = 146$  (localizador ILS) y  $139$  (VOR), casos de 3 señales

$K = 140$  (localizador ILS) y  $133$  (VOR), casos de 2 señales

$f_A$ : frecuencia aeronáutica (MHz); y

$f$ : frecuencia de radiodifusión (MHz).

La experiencia demuestra que cuando se consideran valores de corte inferiores, sólo se asocian productos de intermodulación adicionales con cada valor de activación, pero a niveles inferiores de interferencia potencial.

#### 4.2.4 Interferencia de Tipo B2

Al evaluar la interferencia de Tipo B2, puede utilizarse la fórmula empírica siguiente para determinar el nivel máximo de la señal de radiodifusión a la entrada del localizador ILS embarcado o del receptor VOR con el que se evita la interferencia potencial:

$$N_{máx} = -20 + 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; f_A - f)}{0,4} \quad (9)$$

siendo:

$N_{máx}$ : nivel máximo (dBm) de la señal de radiodifusión a la entrada del receptor aeronáutico

$f$ : frecuencia de radiodifusión (MHz)

$f_A$ : frecuencia aeronáutica (MHz).

Para algunas combinaciones de frecuencia y nivel de la señal deseada, la fórmula (9) supone unos criterios de inmunidad del receptor más estrictos que los del receptor de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI indicados en la fórmula (13). Para tener en cuenta las características de inmunidad tanto del citado receptor como del receptor del Convenio de Montreal deben aplicarse ambas fórmulas, la (9) y la (13), y debe utilizarse el valor más bajo de  $N_{máx}$ .

En la fórmula anterior no se aplican, al no contar con datos de pruebas suficientes, factores de corrección para tener en cuenta la mejora de la inmunidad resultante de los aumentos del nivel de la señal deseada.

### 4.3 Criterios de evaluación de la interferencia para localizadores ILS (1998) y receptores VOR según el Anexo 10 del Convenio de la OACI

#### 4.3.1 Interferencia de Tipo A1 (véase la Nota 1)

Igual que para los receptores de tipo Montreal; véase el § 4.2.1.

#### 4.3.2 Interferencia de Tipo A2 (véase la Nota 1)

Igual que para los receptores de tipo Montreal; véase el § 4.2.2.

NOTA 1 – Se necesita realizar más mediciones del tipo A1 y A2 antes de considerar las posibles modificaciones a los § 4.3.1 y 4.3.2 de la presente Recomendación.

#### 4.3.3 Interferencia de Tipo B1

##### 4.3.3.1 Fórmulas de evaluación de la compatibilidad

Para evaluar las posibles incompatibilidades deben utilizarse las siguientes fórmulas:

a) *Caso de dos señales*

$$2 \left\{ N_1 - 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; 108,1 - f_1)}{0,4} \right\} + N_2 - 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; 108,1 - f_2)}{0,4} + K - L_c + S > 0 \quad (10)$$

siendo:

$N_1, N_2$ : niveles de las señales de radiodifusión (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico para las frecuencias de radiodifusión  $f_1$  y  $f_2$  respectivamente

$f_1, f_2$ : frecuencias de radiodifusión (MHz)  $f_1 > f_2$

$K = 78$  para el localizador ILS y el VOR

$L_c$ : factor de corrección (dB) para tener en cuenta las variaciones en la señal deseada (véase el § 4.3.3.3); y

$S$ : margen de 3 dB para tener en cuenta el hecho de que las ecuaciones de criterios de inmunidad del receptor de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI no proporcionan las fórmulas completas de evaluación de la compatibilidad.

b) *Caso de tres señales*

$$N_1 - 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; 108,1 - f_1)}{0,4} + N_2 - 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; 108,1 - f_2)}{0,4} + N_3 - 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; 108,1 - f_3)}{0,4} + K + 6 - L_c + S > 0 \quad (11)$$

siendo:

$f_1, f_2, f_3$ : frecuencias de radiodifusión (MHz)  $f_1 \geq f_2 > f_3$

$N_1, N_2, N_3$ : niveles de la señal de radiodifusión (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico de frecuencia de radiodifusión  $f_1, f_2$  y  $f_3$ , respectivamente

$K = 78$  para el ILS y el VOR

$L_c$ : factor de corrección (dB) para tener en cuenta las variaciones en la señal deseada (véase el § 4.3.3.3); y

$S$ : margen de 3 dB para tener en cuenta el hecho de que las ecuaciones de criterios de inmunidad del receptor de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI no proporcionan las fórmulas completas de evaluación de la compatibilidad.

#### 4.3.3.2 Corrección del desplazamiento de frecuencia

Antes de utilizar las fórmulas (10) y (11), se aplica a cada señal la corrección indicada en el Cuadro 5 de la forma siguiente:

$$N(\text{corregida}) = N - \text{término de corrección}$$

Para diferencias de frecuencia superiores a 150 kHz no es necesario considerar la interferencia de Tipo B1; en tales casos, los niveles de la señal serían tan elevados que aparecería una interferencia de Tipo B2.

CUADRO 5

Diferencia entre las frecuencias de la señal deseada y del producto de intermodulación (kHz)	Término de corrección (dB)
0	0
50	2
100	5
150	11

#### 4.3.3.3 Factor de corrección para tener en cuenta las variaciones en la inmunidad resultantes de los cambios en el nivel de la señal deseada

Debe utilizarse el factor de corrección,  $L_c$ , descrito en el § 4.2.3.3 para los receptores de tipo Montreal, con  $N_{ref} = -86$  dBm para el localizador ILS y  $-79$  dBm para el VOR.

#### 4.3.3.4 Valores de activación y de corte (véanse las definiciones en el Anexo 4)

$$\text{Valor de activación} = \frac{L_c - K - S}{3} + 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; 108,1 - f)}{0,4} \quad \text{dBm} \quad (12)$$

donde:

$L_c$ : factor de corrección (dB) indicado (véase el § 4.3.3.3)

$K = 78$  para localizador ILS y VOR, casos de 2 señales

$K = 84$  para localizador ILS y VOR, casos de 3 señales

$f$ : frecuencia de radiodifusión (MHz); y

$S$ : margen de 3 dB para tener en cuenta el hecho de que las ecuaciones de criterios de inmunidad del receptor de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI no proporcionan las fórmulas completas de evaluación de la compatibilidad.

El valor de corte es el mismo que el de los receptores de tipo Montreal descrito en la ecuación (8).

#### 4.3.4 Interferencia de Tipo B2

Para evaluar la interferencia de Tipo B2 puede utilizarse la siguiente fórmula empírica a fin de determinar el máximo nivel de una señal de radiodifusión a la entrada del localizador ILS o del receptor VOR de a bordo para evitar la posible interferencia:

$$N_{m\acute{a}x} = \text{mín} \left( 15; -10 + 20 \log \frac{\text{máx}(0,4; 108,1 - f)}{0,4} + L_c - S \right) \quad (13)$$

siendo:

$N_{m\acute{a}x}$ : nivel máximo (dBm) de la señal de radiodifusión a la entrada del receptor aeronáutico

$f$ : frecuencia de radiodifusión (MHz)

- $S$ : margen de 3 dB para tener en cuenta el hecho de que las cuestiones de criterios de inmunidad del receptor de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI no proporcionan las fórmulas completas de evaluación de la compatibilidad
- $L_c$ : factor de corrección (dB) al tener en cuenta los cambios en el nivel de la señal deseada.  
 $L_c = \text{máx}(0; 0,5(N_A - N_{ref}))$
- $N_A$ : nivel de la señal deseada (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico
- $N_{ref}$ : nivel de referencia (dBm) de la señal deseada a la entrada del receptor aeronáutico para la fórmula de inmunidad contra la interferencia de Tipo B2  
 = -86 dBm por el localizador ILS  
 = -79 dBm para el VOR.

#### 4.4 Criterios de evaluación de la interferencia – Receptores COM 1988 según el Anexo 10 del Convenio de la OACI

No puede causarse interferencia de intermodulación de Tipo A1 y de Tipo B1 a los receptores COM en frecuencias COM superiores a 128,5 MHz. La interferencia de Tipo A2 no puede ser causada a ninguna frecuencia COM. Se dispone de muy pocos datos sobre características de antena COM de aeronave que puedan utilizarse para desarrollar una fórmula de conversión de la intensidad de campo en potencia a la entrada del receptor.

##### 4.4.1 Fórmulas de evaluación de la compatibilidad

En el Anexo 10, Parte I (§ 4.7.3), la OACI especifica que:

- después del 1 de enero de 1995, todas las nuevas instalaciones de sistemas de recepción COM cumplirán las nuevas normas de inmunidad a la interferencia;
- después del 1 de enero de 1998, todos los sistemas de recepción COM cumplirán las nuevas normas de inmunidad a la interferencia.

##### 4.4.1.1 Interferencia de Tipo B1

El Anexo 10 del Convenio de la OACI especifica que el sistema receptor COM «tendrá una calidad satisfactoria en presencia de productos de intermodulación de tercer orden, causados por dos señales de radiodifusión en ondas métricas con modulación de frecuencia cuyo nivel a la entrada del receptor sea de -5 dBm».

##### 4.4.1.2 Interferencia de Tipo B2

El Anexo 10 del Convenio de la OACI indica que el sistema receptor COM «no quedará desensibilizado en presencia de señales de radiodifusión en ondas métricas con modulación de frecuencia cuyos niveles a la entrada del receptor sean de -5 dBm».

APÉNDICE 1  
AL ANEXO 1

**Zona de cobertura e intensidades de campo mínimas de los equipos de localizador ILS y VOR**

*Extracto de:* «Normas internacionales, prácticas recomendadas y procedimientos para los servicios de navegación aeronáutica: Telecomunicaciones aeronáuticas, Anexo 10 al Convenio de la Organización de la Aviación Civil Internacional, Volumen I», Organización de la Aviación Civil Internacional, Montreal, 1985.

El extracto siguiente se refiere al localizador ILS:

«3.1.3.3 Cobertura

3.1.3.3.1 El localizador da las señales suficientes para que una estación típica de aeronave pueda funcionar satisfactoriamente en las zonas de cobertura de la alineación de pista y de la alineación del trayecto de descenso. La zona de cobertura del localizador se extenderá desde el centro del sistema de antenas del localizador hasta:

46,3 km (25 NM) entre  $\pm 10^\circ$  a partir de la alineación frontal de pista;

31,5 km (17 NM) entre  $10^\circ$  y  $35^\circ$  a partir de la alineación frontal de pista;

18,5 km (10 NM) fuera de  $\pm 35^\circ$  si hay cobertura.

No obstante, cuando las características topográficas lo impongan o los requisitos operacionales lo permitan, estos límites podrán reducirse a 33,3 km (18 NM) en el interior del sector de  $\pm 10^\circ$  y a 18,5 km (10 NM) en el interior del resto de la cobertura si, se asegura ésta con otros medios de navegación en las zonas de aproximación intermedia. Deberán poder recibirse las señales del localizador a las distancias especificadas, en una altura igual o superior a la mayor de las dos siguientes: 600 m (2000 pies) por encima de la elevación del umbral, o 300 m (1000 pies) por encima del obstáculo más elevado en las zonas de aproximación intermedia y final. Estas señales deberán poder recibirse a las distancias especificadas y hasta una superficie que va desde la antena del localizador e inclinada  $7^\circ$  sobre la horizontal.

3.1.3.3.2 En todos los puntos del volumen de cobertura especificado en el § 3.1.3.3.1, salvo en los casos especificados en los § 3.1.3.3.2.1, 3.1.3.3.2.2 y 3.1.3.3.2.3, la intensidad de campo no será inferior a  $40 \mu\text{V/m}$  ( $-114 \text{ dBW/m}^2$ ).

*Nota.* – Esta intensidad de campo mínima es necesaria para lograr una utilización operacional satisfactoria de las facilidades del localizador ILS.

3.1.3.3.2.1 Para los localizadores de instalaciones de categoría I el campo mínimo en la senda de descenso del ILS y en el interior del sector de alineación de pista, a partir de 18,5 km (10 NM) y hasta 60 m (200 pies) de altura respecto a la horizontal en el plano que contiene el umbral, no será inferior a  $90 \mu\text{V/m}$  ( $-107 \text{ dBW/m}^2$ ).

3.1.3.3.2.2 Para los localizadores de instalaciones de categoría II, la intensidad de campo mínima en la senda de descenso del ILS y en el interior del sector de alineación de pista, será al menos igual a  $100 \mu\text{V/m}$  ( $-106 \text{ dBW/m}^2$ ) a una distancia de 18,5 km (10 NM) y aumentará para alcanzar un valor al menos de  $200 \mu\text{V/m}$  ( $-100 \text{ dBW/m}^2$ ) a una altura de 15 m (50 pies) por encima del plano horizontal que contiene el umbral.

3.1.3.3.2.3 En el caso de localizadores de instalaciones de categoría III, la intensidad de campo mínima en la senda de descenso del ILS y en el interior del sector de alineación de la pista será al menos de  $100 \mu\text{V/m}$  ( $-106 \text{ dBW/m}^2$ ) a una distancia de 18,5 km (10 NM) y aumentará hasta llegar a un valor al menos de  $200 \mu\text{V/m}$  ( $-100 \text{ dBW/m}^2$ ) a 6 m (20 pies) por encima del plano horizontal que contiene el umbral. A partir de este punto y hasta llegar a otro situado a 4 m (12 pies) por encima del eje de la pista y a 300 m (1000 pies) del umbral en la dirección del localizador y a partir de ahí, a una altura de 4 m (12 pies) en todo lo largo de la pista en la dirección del localizador, la intensidad de campo será al menos de  $100 \mu\text{V/m}$  ( $-106 \text{ dBW/m}^2$ ).

*Nota.* – Las intensidades de campo indicadas en los puntos 3.1.3.3.2.2 y 3.1.3.3.2.3 son necesarias para obtener la relación señal/ruido que requiere la mejora de la integridad.

3.1.3.3.3 **Recomendación.** – Se recomienda que por encima de  $7^\circ$ , se reduzca la señal al valor mínimo posible.

*Nota 1. – Las disposiciones de los puntos 3.1.3.3.1 y 3.1.3.3.2.1, 3.1.3.3.2.2 y 3.1.3.3.2.3 se basan en la hipótesis de que la aeronave se dirige hacia el radiofaro.*

*Nota 2. – Los puntos 2.2.2 y 2.2.4 del suplemento C a la Parte I ofrecen elementos indicativos sobre los parámetros de los receptores de abordaje que son importantes desde el punto de vista de la cobertura del localizador ILS.*

El extracto siguiente se refiere al VOR:

«3.3.3. – Polarización y precisión del diagrama

3.3.3.1 La emisión del VOR estará polarizada horizontalmente. La componente de polarización vertical de la radiación será lo más pequeña posible.

*Nota. – En la actualidad, no es posible determinar cuantitativamente el máximo admisible de la componente vertical de la radiación del VOR (en el Manual de pruebas de las ayudas a la radionavegación (Doc. 8071) figuran otras informaciones respecto a las pruebas en vuelo que pueden efectuarse para determinar los efectos de la polarización vertical en la precisión de la marcación).*

3.3.3.2 La precisión de la información de marcación que transmite la radiación polarizada horizontalmente del VOR a una distancia de unas

3.1.3.3.4 Cuando la cobertura se logra utilizando un localizador ILS con dos frecuencias portadoras, de las que una produce un diagrama de radiación en el sector frontal y la otra fuera de este sector, la relación de los niveles de las señales de las dos portadoras en el espacio dentro del sector de alineación frontal hasta los límites de cobertura especificados en el § 3.1.3.3.1, será al menos de 10 dB.»

4 longitudes de onda para todos los ángulos de elevación entre 0 y 40°, medida desde el centro del sistema de antena del VOR, será igual a  $\pm 2^\circ$ .

3.3.4. – Cobertura

3.3.4.1 El VOR dará las señales que permitan a una instalación de aeronave típica funcionar satisfactoriamente a los niveles y las distancias requeridas por razones operacionales y hasta un ángulo de elevación de 40°.

3.3.4.2 **Recomendación.** – *La intensidad de campo o densidad de potencia en el espacio de las señales del VOR necesaria para un funcionamiento satisfactorio de una instalación típica de aeronave con el nivel de servicio mínimo y a la distancia del radio de servicio máximo especificado, será de 90  $\mu\text{V/m}$ , ó  $-107 \text{ dBW/m}^2$ .*»

ANEXO 2

**Método general de evaluación**

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Introducción .....	17
2 Emplazamiento y altura de los puntos de prueba ILS y VOR .....	18
3 Aplicación del método de evaluación general .....	21
4 Correcciones de la antena de la estación de radiodifusión .....	25
Apéndice 1 – Emplazamiento de puntos de prueba con potencial de interferencia máximo. <i>Explicación del método de evaluación general</i> .....	27
Apéndice 2 – Consideraciones sobre la intensidad de campo máxima y el potencial de interferencia máximo ....	28
Apéndice 3 – Predicción de la intensidad de campo ILS utilizando la geometría de dos rayos.....	30

**1 Introducción**

El objetivo de este Anexo es establecer un método de evaluación para el análisis de la compatibilidad entre estaciones de los servicios de radionavegación aeronáutica y las estaciones de un plan amplio de asignaciones de frecuencias de radiodifusión. Pueden utilizarse las técnicas del Anexo 3 para efectuar un análisis más detallado o verificar los resultados obtenidos del análisis general.

## 1.1 Principios del método general de evaluación

El objetivo central del método general de evaluación es calcular todas las incompatibilidades potenciales significativas dentro de un volumen aeronáutico en una serie de puntos de cálculo o de prueba (véase la Nota 1). Para un conjunto particular de combinaciones de frecuencias de radiodifusión y aeronáuticas, la probabilidad máxima de incompatibilidad asociada a un servicio aeronáutico particular se define en forma de margen de protección.

Se necesita ampliar el método de evaluación de la compatibilidad del Acuerdo de Ginebra, 1984, al haber perfeccionado posteriormente los criterios de compatibilidad y haber identificado la necesidad de un método de evaluación más preciso. Además, debido a la necesidad de identificar y examinar incompatibilidades potenciales asociadas a un plan amplio de asignaciones, es necesario desarrollar un método de evaluación que se preste a la realización automática de manera eficaz.

El método general de evaluación se basa en la necesidad de proteger el servicio de radionavegación aeronáutica a distancias mínimas específicas de separación (véase la Nota 1) de las antenas de estación de radiodifusión, dependiendo del servicio aeronáutico (ILS o VOR) (véase la Nota 1) y de la utilización particular de dicho servicio.

NOTA 1 – Véanse las definiciones en el Anexo 4.

## 1.2 Localizador ILS

Al evaluar la compatibilidad con un equipo de localizador ILS, el método general de evaluación se basa en una serie de puntos de prueba que se complementan con un punto de prueba adicional para cada estación de radiodifusión dentro de la cobertura operacional designada (DOC) (véase la definición en el Anexo 4) del ILS.

## 1.3 VOR

Las DOC empleadas en el VOR son grandes y como consecuencia de ello es probable que haya un gran número de estaciones de radiodifusión situadas en cada cobertura VOR. El método general de evaluación estima la compatibilidad con el VOR construyendo un punto de prueba por encima de cada estación de radiodifusión dentro de la DOC, y teniendo en cuenta las estaciones de radiodifusión fuera de dicha DOC.

## 2 Emplazamiento y altura de los puntos de prueba ILS y VOR

### 2.1 Puntos de prueba ILS

#### 2.1.1 Puntos de prueba fijos

Para cada uno de los puntos de prueba fijos de la Fig. 4, el Cuadro 6 indica la altura mínima, la distancia desde el localizador y la marcación respecto al eje de la pista ampliado.

Los puntos de prueba fijos A, E, F, G y H están a una altura mínima (véase el § 3.2.1) de 0, 0, 150, 300 y 450 m, respectivamente, respecto al emplazamiento del localizador ILS. Estos valores representan una trayectoria de descenso con una pendiente de 3°. Todos los demás puntos de prueba fijos están a una altura mínima de 600 m.

#### 2.1.2 Puntos de prueba relacionados con las estaciones de radiodifusión

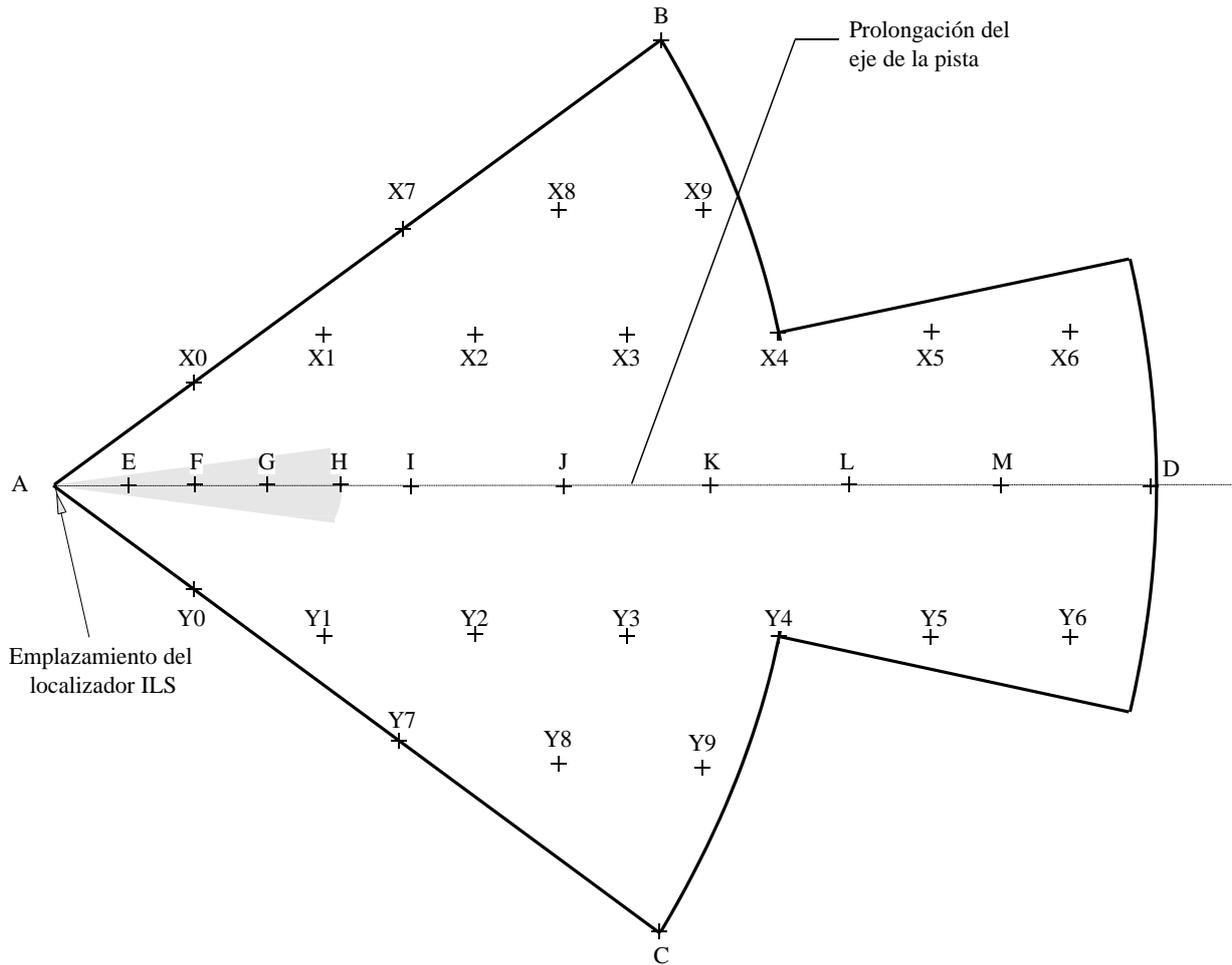
Si la estación de radiodifusión se encuentra en la zona sombreada de la Fig. 4:

- se produce un nuevo punto de prueba que tiene las coordenadas geográficas de la estación de radiodifusión y la misma altura que la antena de radiodifusión.

Si la estación de radiodifusión se encuentra dentro o por debajo de la DOC del ILS pero fuera de la zona sombreada de la Fig. 4 se genera un punto de prueba adicional con las coordenadas geográficas de la estación de radiodifusión. La altura mínima del punto de prueba es la mayor de:

- 600 m por encima del emplazamiento del localizador ILS; o
- 150 m por encima de la antena de radiodifusión.

FIGURA 4  
Emplazamientos de los puntos de pruebas fijos en la DOC del ILS



Nota 1 – La zona sombreada se prolonga 12 km a partir del localizador ILS y en una anchura de  $\pm 7,5^\circ$  respecto al eje de la pista ampliado.

D04

CUADRO 6

Puntos situados sobre la prolongación de la línea de pista			Puntos situados fuera de la prolongación de la línea de pista (todos a una altura de 600 m)		
Identificación	Distancia (km)	Altura mínima (m)	Identificación	Distancia (km)	Marcación relativa al eje de la pista (grados)
A	0	0	B, C	31,5	-35, 35
E	3	0	X0, Y0	7,7	-35, 35
F	6	150	X1, Y1	12,9	-25,5, 25,5
G	9	300	X2, Y2	18,8	-17,2, 17,2
H	12	450	X3, Y3	24,9	-12,9, 12,9
I	15	600	X4, Y4	31,5	-10, 10
J	21,25	600	X5, Y5	37,3	-8,6, 8,6
K	27,5	600	X6, Y6	43,5	-7,3, 7,3
L	33,75	600	X7, Y7	18,5	-35, 35
M	40	600	X8, Y8	24,0	-27,6, 27,6
D	46,3	600	X9, Y9	29,6	-22,1, 22,1

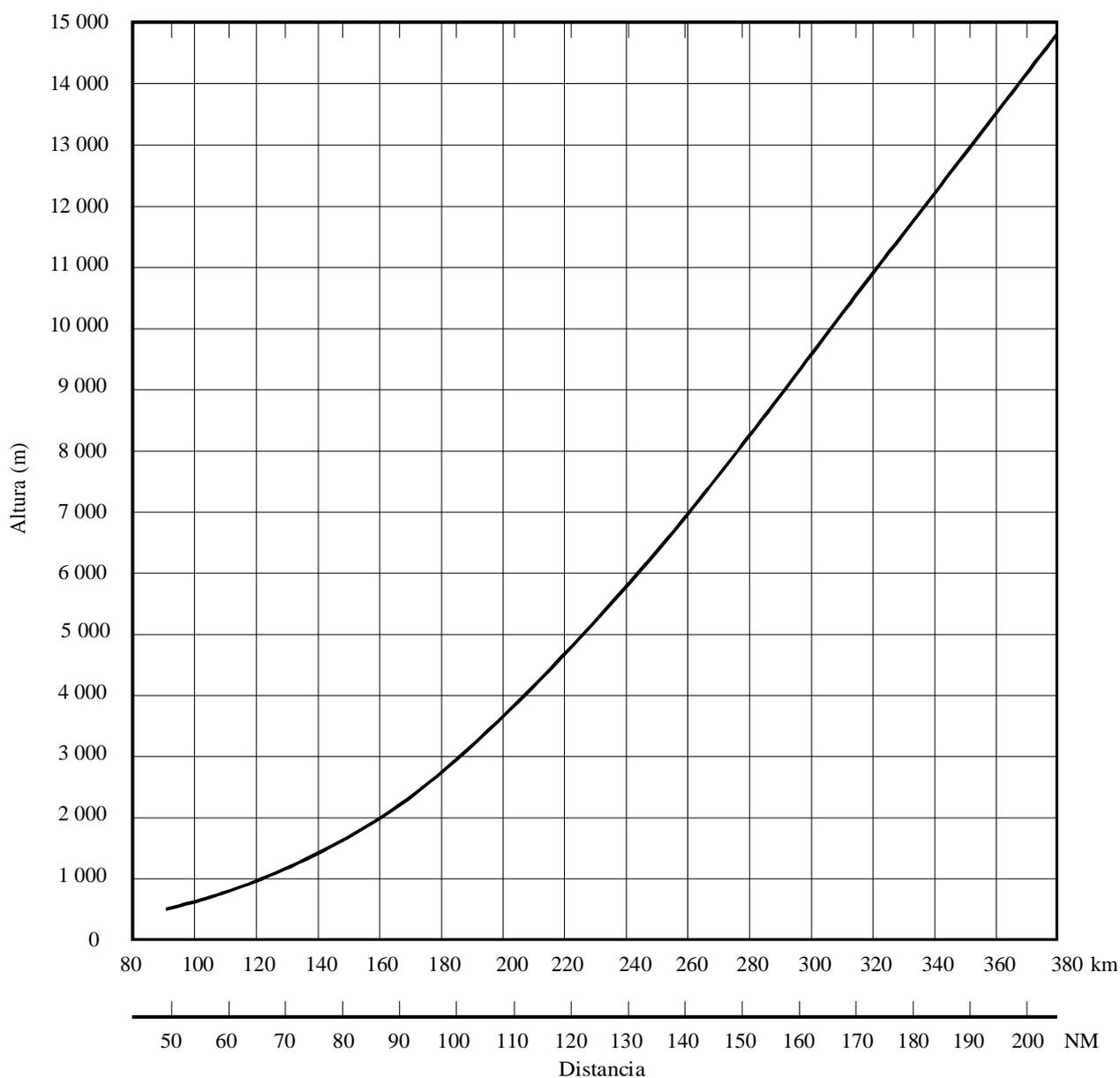
## 2.2 Puntos de prueba VOR

### 2.2.1 Puntos de prueba relacionados con estaciones de radiodifusión que se encuentran dentro de la DOC

Hay un punto de prueba situado en las coordenadas geográficas de la estación de radiodifusión cuya altura mínima es la mayor de:

- 600 m por encima del terreno local (aproximadamente, 600 m por encima de la altura del emplazamiento de la estación de radiodifusión); o
- 300 m por encima de la antena de la estación de radiodifusión; o
- la altura obtenida de la Fig. 5 a la que se añade la altura del emplazamiento VOR.

FIGURA 5  
Distancia y altura de los puntos de prueba por encima del emplazamiento del VOR



Nota 1 – Esta curva se obtiene de la documentación de la OACI (véase el § 3.2.2.2 del Anexo 1).

### 2.2.2 Puntos de prueba relacionados con estaciones de radiodifusión que se encuentran fuera de la DOC

Las estaciones de radiodifusión que se encuentran fuera de la DOC pero a no más de 3 km de los límites de ésta, se tratan como en el § 2.2.1. Para las estaciones a más de 3 km de la DOC, pero dentro de los límites de distancia especificados en el § 3.1.2, se genera un punto de prueba en el punto más cercano de los límites de la DOC y a una altura mínima que es la mayor de:

- 600 m por encima del nivel medio del mar; o
- la altura de la antena de radiodifusión por encima del nivel medio del mar; o
- la altura obtenida de la Fig. 5 a la que se añade la altura del emplazamiento VOR.

Se considera que los puntos de prueba situados en los límites de la DOC y separados menos de 250 m tienen el mismo emplazamiento.

### 2.2.3 Puntos de prueba adicionales

Pueden especificarse puntos de prueba adicionales dentro de la DOC para tener en cuenta una utilización particular de una VOR; por ejemplo, cuando se utiliza como ayuda de aterrizaje o cuando se requiere un servicio con un ángulo de elevación inferior a 0° (véase también el § 3.2.3.2).

## 3 Aplicación del método de evaluación general

### 3.1 Generalidades

Los criterios de compatibilidad figuran en el Anexo 1.

#### 3.1.1 Selección de puntos de prueba

Los puntos de prueba se seleccionan conforme a los criterios del § 2.

#### 3.1.2 Estaciones de radiodifusión que deben incluirse en el análisis de un punto de prueba

Las estaciones de radiodifusión se incluyen en el análisis de un punto de prueba:

- si hay un trayecto de visibilidad directa (véase la definición en el Anexo 4) entre la antena de radiodifusión y el punto de prueba y si el nivel de la señal calculado es mayor que el valor de corte B1 (Anexo 1, § 4.2.3.4);
- si la intensidad de campo en el espacio libre (Anexo 1, § 3.3.7) es como mínimo igual al valor que puede causar una incompatibilidad de Tipo A1 o A2 o B2 (Anexo 1, § 4.2 y § 4.3) con una distancia máxima de separación de 125 km en los casos A1 y B2.

#### 3.1.3 Cálculos de compatibilidad

Para evaluar la compatibilidad del conjunto de estaciones de radiodifusión que cumple las condiciones del § 3.1.2 en cualquier punto de prueba seleccionado (véase el § 3.1.1), es necesario:

- calcular la intensidad de campo en el espacio libre (véase el Anexo 1, § 3.3.7) desde cada una de las estaciones de radiodifusión al punto de prueba, teniendo en cuenta la distancia en el trayecto oblicuo (véase la definición en el Anexo 4), la p.r.a. máxima y las características de la antena (véase el § 4);
- calcular el nivel de la señal ILS o VOR (véanse los § 3.2.2.3 y 3.2.3.2);
- calcular la potencia de entrada a un receptor aeronáutico siguiendo el § 3.4 del Anexo 1.

Teniendo en cuenta la frecuencia y el tipo de servicio aeronáutico (ILS o VOR) y la información obtenida, puede evaluarse la compatibilidad para cualquier tipo de interferencia, como en los § 3.1.3.1 a 3.1.3.4.

##### 3.1.3.1 Interferencia de Tipo A1

Se calculan las frecuencias de los productos de intermodulación de dos y tres componentes que pueden generarse por cualquier subgrupo de estaciones de radiodifusión situadas en el mismo emplazamiento. Se vuelve a examinar todo producto cuya frecuencia caiga en el tramo de 200 kHz de frecuencias aeronáuticas, a fin de determinar si su intensidad de campo es suficiente para causar interferencia de Tipo A1, teniendo en cuenta los criterios del § 4.2.1 del Anexo 1.

Se deben utilizar los criterios del § 4.3.1 del Anexo 1 para evaluar la compatibilidad de Tipo A1 con los receptores aeronáuticos de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI.

### 3.1.3.2 Interferencia de Tipo A2

Se examina cada una de las estaciones de radiodifusión (identificadas en el § 3.1.2) a fin de determinar si su frecuencia cae en los 300 kHz de las frecuencias aeronáuticas y, en caso afirmativo, si su intensidad de campo es suficiente para causar interferencia de Tipo A2, teniendo en cuenta los criterios del § 4.2.2 del Anexo 1.

Deben utilizarse los criterios del § 4.3.2 del Anexo 1 para evaluar la compatibilidad de Tipo A2 con los receptores aeronáuticos de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI.

### 3.1.3.3 Interferencia de Tipo B1

Se calculan las frecuencias de los productos de intermodulación de dos y tres componentes que puedan ser generados por cualquier subconjunto de estaciones de radiodifusión (identificadas en el § 3.1.2) conteniendo al menos un componente que alcance el valor de activación (véase el § 4.2.3.4 del Anexo 1) y para el que todos los componentes se encuentran por encima del valor de corte (véase la definición en el Anexo 4) (véase el § 4.2.3.4 del Anexo 1) a la entrada del receptor aeronáutico, y se examina cualquier producto cuya frecuencia caiga en los 200 kHz de las frecuencias aeronáuticas, a fin de determinar si la suma (dBm) de las potencias a la entrada del receptor aeronáutico (véase el § 3.4 del Anexo 1) es suficiente para causar interferencia de Tipo B1, teniendo en cuenta los criterios del § 4.2.3 del Anexo 1.

Deben utilizarse los criterios del § 4.3.3 del Anexo 1 para evaluar la compatibilidad de Tipo B1 con los receptores aeronáuticos de tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI.

### 3.1.3.4 Interferencia de Tipo B2

Se examina cada una de las estaciones (identificada en el § 3.1.2) a fin de determinar si su potencia a la entrada del receptor aeronáutico (véase el § 3.4 del Anexo 1) (véase la Nota 1) es suficiente para causar interferencia de Tipo B2, teniendo en cuenta los criterios del § 4.2.4 del Anexo 1.

Deben utilizarse los criterios del § 4.3.4 del Anexo 1 para evaluar la compatibilidad de Tipo B2 con los receptores aeronáuticos de Tipo 1998 según el Anexo 10 al Convenio de la OACI.

NOTA 1 – El término «potencia de entrada equivalente» se utiliza en el sentido de «la potencia a la entrada de un receptor aeronáutico después de tener en cuenta todo término dependiente de la frecuencia».

## 3.2 Consideraciones especiales respecto a las evaluaciones de la compatibilidad

### 3.2.1 Alturas de puntos de prueba superiores a los valores mínimos

Con el fin de asegurar que se tienen en cuenta todas las situaciones de posible interferencia B1, hay que efectuar nuevos cálculos para alturas de puntos de prueba superiores, a condición de que la altura del punto de prueba no exceda de:

- la altura máxima de la DOC; o
- la altura máxima a la que puede alcanzarse el valor de activación.

En el § 7 del Apéndice 1 figura una explicación más detallada de este aspecto y las razones de la limitación a la interferencia de Tipo B1.

### 3.2.2 ILS

#### 3.2.2.1 Puntos de prueba fijos

En los cálculos de la intensidad de campo, se utiliza la distancia del trayecto oblicuo entre la antena de radiodifusión y un punto de prueba, si bien manteniendo el valor mínimo siguiente:

- 150 m si la estación de radiodifusión se encuentra dentro de la zona sombreada en la Fig. 4; o
- 300 m si la estación de radiodifusión no se encuentra en la zona sombreada de la Fig. 4.

#### 3.2.2.2 Puntos de prueba relacionados con estaciones de radiodifusión

Si la estación de radiodifusión se encuentra en la zona sombreada de la Fig. 4:

- se efectúan nuevos cálculos para una distancia de separación horizontal de 150 m, utilizando el valor máximo de la p.r.a. para la altura especificada en el § 2.1.2.

Si la estación de radiodifusión se encuentra en la DOC del ILS o por debajo, pero fuera de la zona sombreada de la Fig. 4:

- se efectúan nuevos cálculos para un emplazamiento de punto de prueba por encima de la estación de radiodifusión a la altura especificada en el § 2.1.2. Se aplica la corrección del diagrama de radiación vertical máxima pertinente obtenida del § 4.4.

### 3.2.2.3 Cálculo de la intensidad de campo ILS

Si se cuenta con información suficiente sobre la instalación ILS, puede utilizarse el método de dos rayos del § 3.2.2.3.1.

Si no se dispone de la información requerida, puede utilizarse el método de interpolación ILS que figura en el § 3.2.2.3.2.

#### 3.2.2.3.1 Método de los dos rayos

El Apéndice 3 ofrece los detalles de un método que puede utilizarse para obtener una predicción exacta de la intensidad de campo ILS. Para utilizar este método debe disponerse de algunas informaciones detalladas sobre la instalación ILS, informaciones que se enumeran en el Apéndice 3. En los puntos de prueba A y E (véase el Cuadro 6), se utiliza la intensidad de campo mínima, 32 dB( $\mu$ V/m) (véase el § 3.2.1.2 del Anexo 1).

#### 3.2.2.3.2 Método de interpolación ILS

Puede utilizarse el método de interpolación lineal siguiente para alturas superiores a 60 m por encima del emplazamiento del localizador ILS.

Desde el centro del sistema de antena del localizador hasta una distancia (véase la Nota 1) de 18,5 km y para ángulos separados hasta  $\pm 10^\circ$  respecto a la línea frontal de la pista, la intensidad de campo es de 39 dB( $\mu$ V/m).

NOTA 1 – En el § 3.2.2.3.2 las distancias utilizadas se calculan en el plano horizontal de emplazamiento del localizador ILS.

Desde el centro del sistema de antena del localizador hasta una distancia de 31,5 km y para ángulos superiores a  $10^\circ$  y hasta  $35^\circ$  a cada lado de la línea frontal de la pista (véase la Fig. 1), la intensidad de campo ILS,  $E_{ILS}$ , viene dada por:

$$E_{ILS} = 39 - \frac{d;4}{5} \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \quad (14)$$

siendo:

$d$ : distancia (km) desde el emplazamiento del localizador ILS al punto de prueba.

Desde una distancia de 18,5 km hasta una distancia de 46,3 km y para ángulos de hasta  $\pm 10^\circ$  respecto a la línea frontal de la pista, la intensidad de campo ILS,  $E_{ILS}$ , viene dada por:

$$E_{ILS} = 39 - \frac{d - 18}{5;4} \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \quad (15)$$

Para alturas por debajo de 60 m, se utiliza la intensidad de campo mínima, 32 dB( $\mu$ V/m).

Los valores de la intensidad de campo ILS,  $E_{ILS}$  utilizados en este método de interpolación son los valores mínimos especificados en el Anexo 10 del Convenio de la OACI (véase también el Apéndice 1 al Anexo 1), y como no se permiten variaciones por debajo de estos mínimos, no se requiere un margen de seguridad.

## 3.2.3 VOR

### 3.2.3.1 Puntos de prueba adicionales

En los cálculos de la intensidad de campo se utiliza la distancia en el trayecto oblicuo entre la antena de la estación de radiodifusión y cualquier otro punto de prueba (véase el § 2.2.3). No obstante, hay que respetar un valor mínimo de 300 m.

### 3.2.3.2 Cálculo de la intensidad de campo VOR en los puntos de prueba

Para los puntos de prueba con ángulos de elevación superiores a 0° e inferiores a 2,5°, se aplica la fórmula indicada a continuación en aquellas instalaciones que en el centro de radiación de la antena transmisora VOR se encuentra a más de 7 m por encima del nivel del suelo:

$$E_{VOR} = E_{MÍN} + \text{máx} (20 \log (\theta D_{MX} / D_{TP}); 0) \quad (16)$$

siendo:

$E_{MÍN}$ : intensidad de campo mínima OACI (39 dB(μV/m))

$D_{MX}$ : alcance especificado del VOR (km) en la dirección del punto de prueba

$D_{TP}$ : distancia oblicua (km) desde el emplazamiento transmisor VOR al punto de prueba

$\theta$ : ángulo de elevación (grados) del punto de prueba respecto a la antena VOR y que viene dado por:

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left( \left[ H_{TP} - H_{VOR} - (D_{TP} / 4,1)^2 \right] / \left[ 1\,000 D_{TP} \right] \right) \quad (17)$$

siendo:

$H_{TP}$ : altura del punto de prueba (m) por encima del nivel del mar

$H_{VOR}$ : altura de la antena VOR (m) por encima del nivel del mar.

Para ángulos de elevación superiores a 2,5°, la intensidad de campo se calcula utilizando el ángulo de elevación de 2,5°.

En las instalaciones en que la antena transmisora VOR se encuentra a más de 7 m por encima del nivel del suelo o cuando se requiere un servicio con ángulos de elevación inferiores a 0°, se ha de utilizar el valor mínimo de la intensidad de campo VOR (39 dB(μV/m)) para todos los puntos de prueba.

El método descrito es un método de interpolación basado en un valor mínimo de intensidad de campo y por tanto, no requiere un margen de seguridad.

### 3.2.4 Cálculo de la interferencia potencial de Tipo A1

Las emisiones no esenciales, exceptuando los productos de intermodulación radiados, deben, como medida general, mantenerse a un nivel reducido, de forma que no haya que volver a considerarlos en el análisis de compatibilidad. Así pues, los cálculos de la interferencia de Tipo A1 se efectúan únicamente para el caso de productos de intermodulación procedentes de estaciones de radiodifusión con el mismo emplazamiento.

Como no siempre se conoce la p.r.a. del producto de intermodulación, el margen de interferencia A1 se calcula indirectamente, teniendo en cuenta el valor de la intensidad de campo no deseada en un punto de prueba para cada una de las emisiones de una estación de radiodifusión situada en el mismo emplazamiento, junto con el valor pertinente de supresión A1 para cada uno de los transmisores.

El margen de interferencia A1 se calcula mediante la fórmula:

$$IM = \text{máx} ((E_i - S_i); \dots; (E_N - S_N)) + PR - E_w \quad (18)$$

siendo:

$IM$ : margen de interferencia A1 (dB)

$N$ : número de componentes de intermodulación ( $N = 2$  ó  $3$ )

$E_i$ : intensidad de campo no deseada (dB(μV/m)) de la emisión de radiodifusión  $i$  en el punto de prueba

$S_i$ : supresión A1 (dB) del transmisor de radiodifusión  $i$

$PR$ : relación de protección (dB) adecuada para la diferencia de frecuencias entre producto de intermodulación y las frecuencias aeronáuticas (véase el Cuadro 2)

$E_w$ : intensidad de campo (dB(μV/m)) de la señal aeronáutica en el punto de prueba (al menos 32 dB(μV/m) para el ILS y 39 dB(μV/m) para el VOR).

En el caso en que se conozca el valor de supresión A1 para un transmisor de radiodifusión, debe usarse dicho valor al calcular la compatibilidad.

### 3.2.5 Cálculo de la interferencia potencial de Tipo B1

A fin de asegurar que se obtienen los resultados del caso más desfavorable de interferencia B1 para las estaciones de radiodifusión próximas entre sí, toda estación de radiodifusión a menos de 3 km de un punto de prueba se considera que está por debajo de dicho punto (véase también el Apéndice 1).

### 3.2.6 Cálculo de la interferencia potencial de Tipo B2

En el cálculo de la interferencia potencial de Tipo B2 no se da ningún margen para el nivel de la señal aeronáutica y por tanto, se emplean los valores mínimos de 32 y 39 dB( $\mu$ V/m) para el ILS y el VOR, respectivamente.

### 3.2.7 Interferencia múltiple

En principio, debe tenerse en cuenta el efecto combinado de fuentes múltiples de interferencia potencial en un servicio aeronáutico, en un punto de prueba determinado. No obstante, en el método de evaluación general:

- la utilización de un método de cálculo en el espacio libre da normalmente una sobrestimación de toda intensidad de campo no deseada;
- la utilización del método de cálculo de los § 3.2.2.3 y 3.2.3.2 para el localizador ILS y el VOR respectivamente da normalmente una subestimación de toda intensidad de campo deseada aeronáutica.

Por tanto, no se considera necesario tener en cuenta la interferencia múltiple en el método de estimación general.

Aun así, en el caso de los cálculos de compatibilidad de Tipo A1, cuando la diferencia de frecuencias entre la señal deseada y la emisión no esencial es de 0 ó 50 kHz, debe aumentarse la relación de protección en 3 dB para dar un margen de seguridad.

## 4 Correcciones de la antena de la estación de radiodifusión

### 4.1 Generalidades

Al calcular los valores de la intensidad de campo (véase el § 3.3.7 del Anexo 1), se tendrán en cuenta las características de directividad de las antenas transmisoras de estación de radiodifusión.

### 4.2 Discriminación de polarización

No se tiene en cuenta la discriminación de polarización entre las emisiones de radiodifusión y de radionavegación aeronáutica (excepto para lo indicado en el Anexo 1, § 3.3.7).

### 4.3 Diagrama de radiación horizontal

Para una estación de radiodifusión con antena direccional, los datos del diagrama de radiación horizontal se especifican con intervalos de 10°, a partir del norte verdadero. La corrección  $H$  (dB) del diagrama de radiación horizontal viene dada por:

$$H = (\text{p.r.a. en la dirección pertinente}) - (\text{p.r.a. máxima}) \quad (19)$$

### 4.4 Corrección del diagrama de radiación vertical

Se aplican correcciones del diagrama de radiación vertical únicamente para los ángulos de elevación por encima del plano horizontal que pasa por la antena de radiodifusión.

Los tipos de antena de radiodifusión van desde la antena sencilla, tal como un dipolo, utilizada a menudo en las estaciones de baja potencia, a las antenas más complejas multiplano utilizadas normalmente en estaciones de gran potencia.

Cuando no se conoce la apertura real de la antena, se utiliza el Cuadro 7 para la correspondencia entre la p.r.a. máxima con la apertura vertical, sobre la base de análisis estadísticos de la práctica de la explotación.

Las correcciones del diagrama de radiación vertical que se describen en los § 4.4.1 y 4.4.2 se aplican a las emisiones polarizadas horizontal y verticalmente y los valores limitativos mencionados tienen en cuenta el caso más desfavorable de trayecto oblicuo.

CUADRO 7

p.r.a. máxima (dBW)	Apertura vertical en longitudes de onda
p.r.a. $\geq 44$	8
$37 \leq$ p.r.a. $< 44$	4
$30 \leq$ p.r.a. $< 37$	2
p.r.a. $< 30$	1

#### 4.4.1 Correcciones del diagrama de radiación vertical para aperturas verticales de dos o más longitudes de onda

Para establecer un modelo de la envolvente del diagrama de radiación vertical de las antenas con aperturas de dos o más longitudes de onda, se calcula la corrección del diagrama de radiación vertical,  $V$  (dB) utilizando la fórmula siguiente:

$$V = -20 \log (\pi A \sin \theta) \quad (20)$$

siendo:

$A$ : apertura vertical en longitudes de onda

$\theta$ : ángulo de elevación (con relación a la horizontal).

Hay que señalar que para ángulos pequeños de elevación, esta expresión puede dar valores positivos de  $V$ . En dichos casos,  $V$  se pone a 0 dB (es decir, no se aplica corrección del diagrama de radiación vertical).

Para ángulos de elevación grandes,  $V$  se limita a un valor de  $-14$  dB, es decir,  $0 \geq V \geq -14$  dB.

Cuando se conoce la corrección del diagrama de radiación vertical máxima real, debe utilizarse como valor limitativo en lugar de  $-14$  dB.

#### 4.4.2 Correcciones del diagrama de radiación vertical para aperturas verticales inferiores a dos longitudes de onda

Cuando se utilizan antenas de baja ganancia (las que tienen aperturas verticales de menos de dos longitudes de onda) los valores del Cuadro 8 caracterizan la envolvente del diagrama de radiación vertical.

Para ángulos intermedios se utiliza una interpolación lineal.

CUADRO 8

Ángulo de elevación (grados)	Corrección del diagrama de radiación vertical (dB)
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-4
50	-6
60	-8
70	-8
80	-8
90	-8

#### 4.4.3 Correcciones del diagrama de radiación vertical para emisiones no esenciales en la banda 108-118 MHz

Las correcciones del diagrama de radiación vertical de los § 4.4.1 y 4.4.2 se aplican también a las emisiones no esenciales de la banda 108-118 MHz.

#### 4.5 Combinación de diagramas de radiación horizontal y vertical

Los valores pertinentes (dB) de las correcciones de los diagramas de radiación horizontal y vertical se suman aritméticamente, respetando una corrección combinada máxima de  $-20$  dB, o el máximo de la corrección vertical, cualquiera que sea mayor. Para ángulos de elevación por encima de  $45^\circ$ , no se aplican correcciones del diagrama de radiación horizontal.

### APÉNDICE 1 AL ANEXO 2

## Emplazamiento de puntos de prueba con potencial de interferencia máximo

### *Explicación del método de evaluación general*

Este Apéndice constituye una aclaración de la relación entre el emplazamiento de los puntos de prueba y los valores máximos del potencial de interferencia, en el método de evaluación general.

#### 1 Aeronave a la misma altura de una antena de estación de radiodifusión

Considérese la situación de una aeronave que vuela en las proximidades de una estación de radiodifusión. Si dicha aeronave vuela a la misma altura que la antena de radiodifusión, el valor máximo de la intensidad de campo de radiodifusión percibida por la aeronave se encontrará en el punto de aproximación máxima. En el caso de una antena de radiodifusión omnidireccional, los puntos de intensidad de campo máxima se encuentran en un círculo cuyo centro es la antena.

#### 2 Aeronave a altura superior a la de la antena de la estación de radiodifusión

Si la aeronave vuela a una altura constante sobre un eje radial hacia el emplazamiento de la antena de radiodifusión y sobre ella, el punto de intensidad de campo máximo está situado verticalmente encima de la antena (véase el Apéndice 2 al Anexo 2).

#### 3 Relación entre las distancias de separación vertical y horizontal

Si el valor máximo de la corrección del diagrama de radiación vertical para la antena de radiodifusión es de  $-14$  dB, el valor máximo de la intensidad de campo obtenida para una separación vertical de  $y$  m es el mismo que el de una separación de  $5y$  m en el plano horizontal que pasa por la antena de radiodifusión (siendo cero la corrección del diagrama de radiación vertical).

#### 4 Localización del potencial máximo de interferencia

Para los cálculos de interferencia de tipo A1, A2 y B2, los conceptos de separación vertical y separación horizontal son equivalentes porque la fuente de las señales de radiodifusión está en el mismo emplazamiento. En el caso B1, las fuentes contributivas no están, por lo general, situadas en el mismo emplazamiento y la posición del potencial máximo de interferencia no podrá obtenerse de forma inmediata si se utiliza el concepto de separación horizontal.

No obstante, si se utiliza el concepto de separación vertical, el punto de potencial máximo de interferencia se encuentra por encima de una u otra antena de radiodifusión (véase el Apéndice 2 al Anexo 2).

Así pues, se define una pareja (o un trío) de puntos para un cálculo de caso más desfavorable, sin tener que basarse en un número muy elevado de puntos de cálculo en algún tipo de entramado tridimensional.

## 5 Puntos de prueba para el VOR

En el método de evaluación general, se utiliza este enfoque directo para los cálculos de compatibilidad del VOR y se le amplía con puntos de prueba adicionales situados en el contorno de la DOC (o en sus proximidades) para asegurar que se tienen debidamente en cuenta las estaciones de radiodifusión situadas fuera de la DOC.

## 6 Puntos de prueba para el ILS

A diferencia de la situación del VOR, hay relativamente pocas estaciones de radiodifusión situadas dentro o por debajo de la DOC del ILS, y en consecuencia, es más fácil demostrar la evaluación completa de la compatibilidad utilizando un conjunto de puntos de prueba fijos para completar los puntos de prueba generados anteriormente o que se encuentran cerca de cualquier estación de radiodifusión situada dentro de la DOC.

Los puntos de prueba situados dentro de la zona sombreada de la Fig. 4 se han elegido para poder evaluar la compatibilidad desde el nivel del suelo hacia arriba y las alturas de los puntos de prueba se eligen representando una trayectoria de descenso con una pendiente de 3°.

## 7 Efecto del aumento de la altura de un punto de prueba

Los cálculos del potencial de interferencia de Tipo B1 con dos o tres componentes dan los resultados del caso más desfavorable a la altura mínima del punto de prueba para cualquier subgrupo de estaciones de radiodifusión situadas en la línea de visibilidad directa de dicho punto de prueba. No obstante, para alturas superiores de puntos de prueba, es posible que otras estaciones de radiodifusión se encuentren en la línea de visibilidad directa del punto de prueba y se necesitan nuevos cálculos para determinar si dichas estaciones pueden contribuir al potencial de interferencia de Tipo B1. El valor máximo de toda interferencia potencial se produce a la altura mínima para la cual todas las estaciones de radiodifusión pertinentes se encuentran en la línea de visibilidad del punto de prueba. La altura máxima que ha de considerarse es inferior a:

- la altura máxima de la DOC; o
- la altura máxima a la que el nivel de la señal procedente de una estación de radiodifusión alcanza el valor de activación.

### APÉNDICE 2

#### AL ANEXO 2

## Consideraciones sobre la intensidad de campo máxima y el potencial de interferencia máximo

### 1 Intensidad de campo máxima

Considérese una aeronave que vuela en un trayecto a altura constante a lo largo de un radio hacia una estación de radiodifusión, siendo la altura de la aeronave superior a la de la antena de radiodifusión (véase la Fig. 6).

Considerando:

$P$ : p.r.a. (dBW)

$h$ : diferencia de altura (km)

$d$ : distancia oblicua (km)

$\theta$ : ángulo de elevación en relación a la horizontal, en la antena de radiodifusión

$V$ : la corrección del diagrama de radiación vertical (dB)

en cualquier punto T, la intensidad de campo  $E$  (dB( $\mu$ V/m)) (véase la Nota 1) es (véase el § 3.3.7 del Anexo 1):

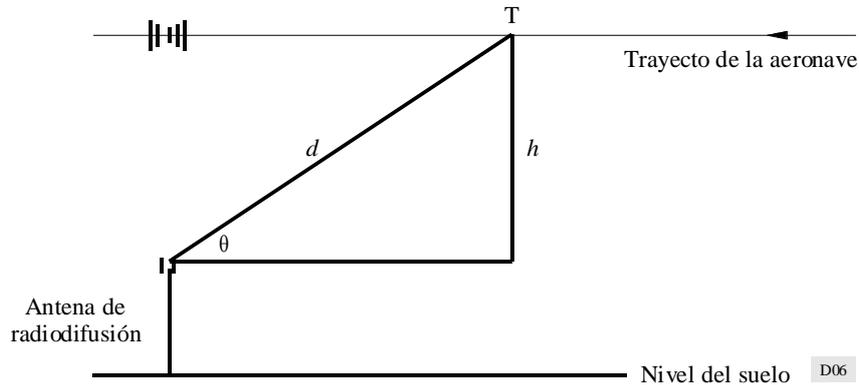
$$E = 76,9 + P - 20 \log d + V \quad (21)$$

NOTA 1 – Para simplificar, se supone que no hay corrección del diagrama de antena horizontal.

La corrección del diagrama de radiación vertical se representa en forma de  $-20 \log (\pi A \text{ sen } \theta)$ , donde  $A$  es la apertura vertical de las antenas en longitudes de onda, con un valor máximo de la corrección para valores elevados de  $\theta$ .

FIGURA 6

Trayecto de una aeronave por encima de una antena de radiodifusión



1.1 Para valores reducidos de  $\theta$ , (estando  $V$  entre 0 y su valor máximo),

$$E = 76,9 + P - 20 \log d - 20 \log (\pi A \text{ sen } \theta) \tag{22}$$

pero  $d = h / \text{sen } \theta$

por lo que:

$$\text{Error!} = 76,9 + P - 20 \log (h \pi A) \tag{23}$$

Así pues, el valor de la intensidad de campo es constante.

1.2 Para valores grandes de  $\theta$ , (habiendo  $V$  alcanzado su valor máximo), esto es, cerca de la estación de radiodifusión (la zona sombreada de la Fig. 6), la corrección del diagrama de radiación vertical permanece constante en su valor máximo. Con ello:

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + \text{constante} \tag{24}$$

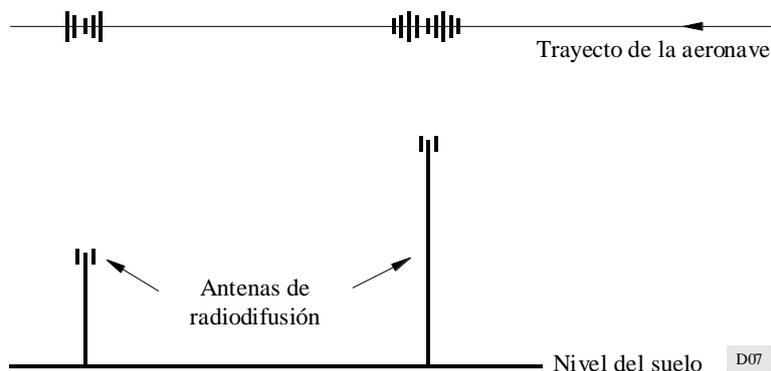
El valor máximo de la intensidad de campo se logra cuando  $d$  alcanza su valor mínimo ( $= h$ ), justamente encima de la antena de radiodifusión.

## 2 Interferencia potencial B1 máxima

Considérese una aeronave que vuela en un trayecto a altura constante por encima de la línea que une dos antenas de radiodifusión (véase la Fig. 7).

FIGURA 7

Trayecto de una aeronave por encima de dos antenas de radiodifusión



Fuera de las zonas sombreadas, los valores de la intensidad de campo son constantes (tal como se describe en el § 1.1), su suma es constante y por tanto, el potencial de interferencia B1 es también constante.

Dentro de cada zona sombreada, el valor de la intensidad de campo procedente del transmisor más próximo aumenta hasta un máximo local justamente encima de su antena (como se describe en el § 1.2).

En el método de evaluación general, se examinan ambos máximos locales, lo que permite identificar el caso más desfavorable.

Se aplica un razonamiento similar al caso de tres estaciones.

APÉNDICE 3  
AL ANEXO 2

### Predicción de la intensidad de campo ILS utilizando la geometría de dos rayos

Este modelo utiliza la geometría de dos rayos en una tierra esférica lisa. En este método existe el requisito de que el suelo en las proximidades del punto de reflexión constituya una aproximación razonable a una tierra lisa.

Para una señal de localizador ILS, la zona en la que se produce la reflexión estará sobre el propio aeropuerto (o muy próximo a él) y en esta zona el suelo es bastante plano y por tanto constituye una aproximación bastante buena de las condiciones requeridas.

Los elementos necesarios para efectuar el cálculo son:

- la p.r.a. máxima de la instalación del localizador ILS
- la distancia en el trayecto oblicuo entre la antena del localizador ILS y el punto de prueba
- el diagrama de radiación horizontal de la antena del localizador ILS
- la marcación del punto de prueba
- la altura de la antena del localizador ILS por encima del nivel del suelo (a.g.l.)
- la altura del emplazamiento del localizador ILS por encima del nivel medio del mar (a.m.s.l.)
- la altura del punto de prueba por encima del nivel medio del mar.

Como el ángulo máximo de elevación que ha de considerarse en cualquier DOC del ILS es de 7° (véase la Fig. 1), no es necesario incluir en el cálculo el diagrama de radiación vertical de la antena del localizador ILS.

En el caso de un trayecto inferior a unos cientos de kilómetros, es bastante aproximado suponer que la Tierra puede representarse como una parábola cuyas alturas se miden en el eje y, y las distancias en el eje x (véase la Fig. 8).

En dichas circunstancias, la diferencia de la longitud del trayecto,  $\Delta$  (m) entre el trayecto directo y el que incluye una reflexión en la superficie de la Tierra, viene dada por:

$$\Delta = \frac{2 h_1 [h_2 - h_p - (D/4,1)^2]}{1\,000 D} \quad \text{m} \quad (25)$$

donde:

$D$ : distancia horizontal (km) desde el emplazamiento del localizador ILS al punto de prueba

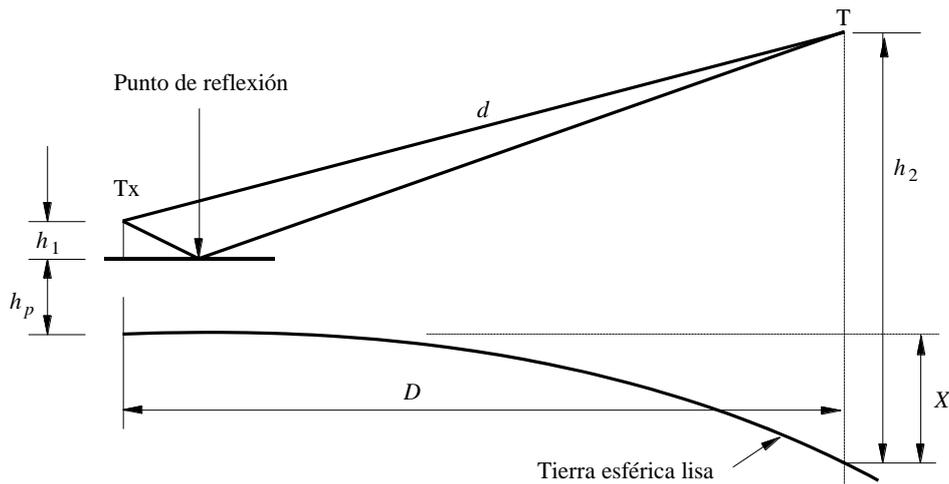
$h_1$ : altura de la antena transmisora ILS (m) por encima del plano de reflexión

$h_2$ : altura del punto de prueba (m) a.m.s.l.

$h_p$ : altura del plano de reflexión a.m.s.l. (m) que es igual a la altura del emplazamiento del localizador ILS,

debe tenerse en cuenta la Nota 1 de la Fig. 8.

FIGURA 8  
Geometría de dos rayos



Nota 1 – En esta aproximación se desprecia el efecto de la curvatura de la Tierra en la región situada entre el transmisor y el punto de reflexión.

- Tx: antena transmisora del localizador ILS;
- T: punto de prueba;
- d: distancia en el trayecto oblicuo (km);
- X: diferencia de alturas (m) por efecto de curvatura de la Tierra (identificado únicamente para información); donde  $X = (D/4,1)^2$

D08

Con los ángulos de reflexión en cuestión, la Tierra tiene un coeficiente de reflexión muy próximo a  $-1$  y el factor de corrección,  $C$ , debido a la suma de las dos señales componentes viene dado por:

$$C = 10 \log (2 - 2 \cos (2\pi \Delta / \lambda)) \tag{26}$$

donde:

$\lambda$ : longitud de onda (m) de la señal ILS.

La zona de reflexión está próxima al emplazamiento del transmisor y este último está a algunos cientos de metros desde el final de la pista, por lo que la zona de reflexión se encontrará entre estos dos puntos. Se ha de actuar con cautela al determinar la altura de la antena transmisora ILS por encima de la zona de reflexión, en el caso en que el suelo tenga pendiente. Esto significa que se requiere un perfil preciso del suelo para obtener resultados exactos de la intensidad de campo. Para una mayor exactitud, debe trazarse el plano de reflexión a lo largo de la pendiente del suelo en la zona de reflexión, volviendo a calcular adecuadamente las alturas por encima del plano de reflexión.

La intensidad de campo predicha,  $E_1$  (dB( $\mu$ V/m)) viene dada por:

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + C + H \tag{27}$$

donde:

$P$ : p.r.a. (dBW) de la instalación del localizador ILS

$d$ : distancia en el trayecto oblicuo (km)

$C$ : factor de corrección (dB) de la ecuación (26)

$H$ : corrección del plano de reflexión horizontal de la antena transmisora ILS en la dirección del punto de prueba.

Hay que dejar un margen de 8 dB para seguridad, pero se toma como límite mínimo la intensidad de campo calculado según el § 3.2.2.3.1.

La intensidad de campo,  $E_{ILS}$  (dB( $\mu$ V/m)) que ha de utilizarse en los cálculos de compatibilidad es pues:

$$E_{ILS} = \text{máx} (E - 8; \text{valor del § 3.2.2.3.2}) \tag{28}$$

## Evaluación detallada de la compatibilidad y verificación práctica

### ÍNDICE

	<i>Página</i>
1	Introducción ..... 32
2	Aspectos que exigen un examen especial ..... 32
2.1	Predicción de las intensidades de campo de radiodifusión ..... 32
2.2	Consideraciones sobre los puntos de prueba..... 33
2.3	Consideraciones sobre las estaciones coordinadas..... 33
2.4	Consideración de las estaciones operativas..... 33
3	Interferencia múltiple ..... 34
4	Evaluación detallada de la compatibilidad ..... 34
5	Proceso de verificación práctica ..... 34
6	Resumen ..... 35

## 1 Introducción

El método de evaluación general prevé más incompatibilidades potenciales con el servicio de radionavegación aeronáutica que las que pueden producirse en la práctica. No obstante, los resultados de las pruebas de correlación muestran que, cuando se utilizan los datos medidos en el análisis de compatibilidad, los resultados calculados se adaptan estrechamente a la experiencia práctica. Así pues, la utilización de datos medidos mejorará la precisión de un análisis de compatibilidad.

Como ampliación del método de evaluación general, puede efectuarse un análisis detallado de caso a caso, utilizando parámetros obtenidos de los modelos con mayor exactitud. Dichos modelos pueden utilizarse de forma individual o combinada y se aproximan a la experiencia práctica cuando los valores calculados de cada uno de los parámetros se aproximan más estrechamente a los valores medidos. La ventaja de este enfoque por modelos es que permite efectuar un análisis eficaz de la compatibilidad y que puede arrojar resultados exactos, de forma que se evita la necesidad de mediciones en vuelo prolongadas con sus dificultades prácticas correspondientes.

## 2 Aspectos que exigen un examen especial

### 2.1 Predicción de las intensidades de campo de radiodifusión

En el método de evaluación general, la predicción de las intensidades de campo de radiodifusión se basa en la propagación en el espacio libre. No obstante, las mediciones muestran que la predicción de la propagación en el espacio libre puede conducir a una sobrestimación considerable en el caso en que las antenas de transmisión y recepción se encuentren a poca altura (por ejemplo, -150 m) sobre el suelo.

En general, no se pueden efectuar otros cálculos que sean más realistas que los basados en la propagación en el espacio libre porque no se cuenta con información suficiente sobre el trayecto de propagación entre la antena de la estación de radiodifusión y el punto de prueba. En particular, se requiere información sobre el perfil del suelo a lo largo de dicho trayecto. No obstante, cuando se dispone de esta información, por ejemplo a partir de un banco de datos del terreno, pueden efectuarse cálculos de la intensidad de campo más realistas. Dadas las razones mencionadas, cabe esperar que los valores de la intensidad de campo calculados con un método más detallado, en particular, para los trayectos de propagación con despejamiento del terreno restringido, serán significativamente inferiores a los valores obtenidos utilizando únicamente la propagación en el espacio libre. En estas circunstancias, los métodos más detallados para el cálculo de la intensidad de campo se traducirán en una reducción significativa del potencial de incompatibilidad.

## 2.2 Consideraciones sobre los puntos de prueba

Al efectuar un análisis detallado de la compatibilidad para todo punto de prueba en el que el método de evaluación general haya indicado un potencial de incompatibilidad, ha de verificarse cuidadosamente la validez del punto de prueba en relación con el volumen del servicio aeronáutico. Como el método de evaluación general produce automáticamente puntos de prueba, es posible que alguno de éstos coincida con los emplazamientos en los que, según la documentación aeronáutica publicada:

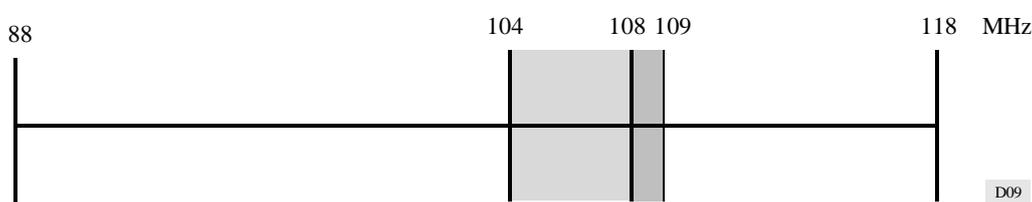
- la aeronave no pueda volar debido a obstrucciones naturales o artificiales;
- la aeronave no esté autorizada a volar debido a limitaciones específicas del vuelo;
- los pilotos tienen orden de no utilizar la facilidad de navegación aeronáutica pues se sabe que da resultados que no son fiables en una zona particular.

Además, puede haber circunstancias en las que los puntos de prueba generados por el método de evaluación general sean más bajos y por tanto, caigan fuera del volumen de servicio de un VOR. Esto puede ocurrir con mayor probabilidad en las instalaciones VOR de baja potencia.

## 2.3 Consideraciones sobre las estaciones coordinadas

Se ha coordinado entre las administraciones un gran número de estaciones aeronáuticas y de radiodifusión, utilizando criterios de compatibilidad distintos de los que figuran en el Anexo 1. En particular, en la Región 1 y en ciertos países de la Región 3, se han utilizado ampliamente los criterios del Acuerdo de Ginebra de 1984, durante muchos años. Aunque en la mayoría de los casos los cálculos efectuados con el método de evaluación general utilizando los criterios de interferencia B1 del Anexo 1 para el receptor de Montreal darán unas probabilidades de interferencia inferiores a las de los cálculos utilizando los criterios del Acuerdo de Ginebra de 1984, habrá otros casos en que el cálculo dará un potencial de interferencia mayor. La Fig. 9 muestra con sombreado las gamas de frecuencia para las estaciones aeronáuticas y de radiodifusión en donde el cálculo señala una mayor probabilidad de interferencia. Como el método de evaluación general lleva consigo algunas hipótesis de caso más desfavorable, cabe esperar que, en la gran mayoría de los casos en que el método muestra un mayor potencial de interferencia, una evaluación más detallada de la compatibilidad que tenga en cuenta las propuestas de este Anexo indicará que, en la práctica, no habrá una reducción de la compatibilidad. En particular, la utilización de intensidades de campo aeronáuticas y de radiodifusión realistas, en vez de valores mínimos o de espacio libre, respectivamente, producirá una reducción significativa del potencial de interferencia calculado.

FIGURA 9  
Espectro para frecuencia modulada en ondas métricas en las bandas ILS/VOR



En sombreado se representa la gama de frecuencias en que el receptor de Montreal puede tener mayor interferencia potencial de tipo B1 que el receptor GE84.

Puede haber casos en que el análisis más detallado no pueda restituir la compatibilidad a los valores calculados previamente. Si se confirman las incompatibilidades, por ejemplo, mediante pruebas en vuelo, las administraciones en cuestión deben adoptar las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad.

## 2.4 Consideración de las estaciones operativas

Como el método de evaluación general pretende calcular todas las incompatibilidades potenciales significativas en un volumen de servicio aeronáutico, se adopta una serie de hipótesis de peor caso. De esta manera, es probable que haya una sobrestimación de la interferencia potencial y puede resultar que el método de evaluación general indique interferencia potencial en situaciones en que las estaciones aeronáutica y de radiodifusión pertinentes están en funcionamiento y no parece plantearse en la práctica ningún problema de interferencia. Dichas situaciones deben examinarse pues pueden aportar información útil que conduzca a una mejora del método de evaluación.

### 3 Interferencia múltiple

Cuando se dispone de valores medidos o predicciones relativamente exactas de las intensidades de campo deseada y no deseada, deben tenerse en cuenta los productos de intermodulación múltiples en cada modo de interferencia. Esto puede realizarse utilizando la suma de potencias de los márgenes individuales de interferencia,  $IM$ , en un punto de prueba determinado.

El margen total de interferencia  $IM$  (dB) viene dado por:

$$IM = 10 \log \left( \sum_{i=1}^N 10^{(IM_i/10)} \right) \quad (29)$$

siendo:

$N$ : número de márgenes de interferencia individuales

$IM_i$ : valor del margen de interferencia  $i$ -ésimo.

### 4 Evaluación detallada de la compatibilidad

Las pruebas han demostrado que, cuando se sustituyen los valores predichos de los datos por valores medidos, los resultados del cálculo de compatibilidad se aproximan a los de la experiencia. Cuando todos los valores de los datos del análisis se sustituyen por valores medidos, los resultados del cálculo de compatibilidad se aproximan mucho a los resultados de las pruebas de correlación en vuelo.

Así pues, en una evaluación detallada de la compatibilidad caso a caso, deben utilizarse los valores más precisos disponibles. En particular, se mejorará la precisión de los cálculos de compatibilidad:

- sustituyendo el diagrama de radiación horizontal previsto para una antena de radiodifusión por un diagrama medido con la antena instalada;
- sustituyendo el diagrama de radiación vertical previsto para una antena de radiodifusión (véase el § 4 del Anexo 2) por el diagrama medido para la antena instalada;
- en el caso del ILS, calculando el nivel de la señal deseada mediante el método de dos rayos del § 3.2.2.3.1 en lugar del método de interpolación del § 3.2.2.3.2;
- sustituyendo el diagrama de radiación horizontal previsto para una antena de transmisión de localizador ILS por un diagrama medido para la antena instalada.

Pueden obtenerse nuevas mejoras de la precisión del cálculo de compatibilidad:

- sustituyendo los valores previstos de las señales de radiodifusión por valores medidos durante ensayos en vuelo;
- sustituyendo los niveles previstos de las señales aeronáuticas por valores obtenidos mediante pruebas en vuelo.

En este último caso, se ha visto que es posible medir las intensidades de campo del localizador ILS a lo largo de la línea central de la pista y utilizar un diagrama de radiación horizontal predicho o medido de la antena ILS para obtener valores precisos de las intensidades de campo en emplazamientos situados fuera de la línea de pista ampliada. Con ello se evita la necesidad de efectuar medidas amplias en toda la DOC del ILS.

### 5 Proceso de verificación práctica

La verificación de los resultados del cálculo de evaluación de la compatibilidad puede obtenerse:

- midiendo los niveles de las señales de radiodifusión a la entrada de un receptor aeronáutico;
- midiendo el nivel de una señal aeronáutica a la entrada de su receptor;
- utilizando un receptor aeronáutico con características medidas en ensayos, teniendo en cuenta una gama adecuada de niveles y frecuencias de señales de radiodifusión y aeronáuticas, y teniendo en cuenta la diferencia entre estas características medidas y las que se utilizan en los cálculos teóricos;
- utilizando una antena de recepción de aeronave con un diagrama de radiación y con una respuesta en frecuencia medida, y teniendo en cuenta la diferencia entre estas características medidas y las utilizadas en los cálculos teóricos.

Es especialmente importante utilizar una antena de recepción de aeronave con características medidas si se desea efectuar una comparación precisa entre los valores predichos de la intensidad de campo de las estaciones de radiodifusión y los niveles de sus señales a la entrada de un receptor aeronáutico.

## 6 Resumen

Puede mejorarse la precisión de un cálculo de evaluación de la compatibilidad, utilizando datos más precisos, por ejemplo:

- diagramas de radiación horizontal de antena de radiodifusión medidos;
- diagramas de radiación vertical de antena de radiodifusión medidos;
- una mejor predicción de la intensidad de campo del localizador ILS;
- un diagrama de radiación horizontal de la antena transmisora ILS medido.

La verificación de los cálculos de evaluación de la compatibilidad pueden realizarse utilizando:

- niveles medidos de señales de radiodifusión;
- niveles medidos de señales aeronáuticas;
- un receptor aeronáutico cuyas características se hayan medido;
- una antena de recepción de aeronave cuyo diagrama de radiación y respuesta en frecuencia se hayan medido.

## ANEXO 4

### Definiciones

#### Alineación de pista

Es la proyección en el plano horizontal del trayecto que seguiría una aeronave si siguiera la indicación de un receptor de localizador ILS que dé una corriente de guiado nula (es decir, la diferencia de índices de modulación igual a 0). Para las aproximaciones ILS normales, la alineación de pista debe ser idéntica a la prolongación del eje de la pista (véase la Fig. 1).

#### Anexo 10 del Convenio de la OACI

«Normas internacionales, prácticas recomendadas y procedimientos para los servicios de navegación aérea: telecomunicaciones aeronáuticas, Anexo 10 al Convenio de la Organización de la Aviación Civil Internacional, Volumen I», Organización de la Aviación Civil Internacional, Montreal (1985).

#### Ángulo de elevación

Ángulo respecto a la horizontal entre dos emplazamientos (positivo sobre la horizontal), utilizando el radio efectivo de la Tierra definido anteriormente (véase la Fig. 6).

#### Bandera

Dispositivo de aviso visual que se materializa en el indicador del piloto con un localizador ILS o receptor VOR y que indica cuando el receptor es operativo, cuando no funciona satisfactoriamente o cuando el nivel de la señal o la calidad de la señal recibida caen por debajo de valores aceptables.

## **Cobertura operacional designada (DOC)**

Volumen dentro del cual se satisfacen los requisitos operacionales del servicio aeronáutico; se trata del volumen de cobertura que indican los documentos aeronáuticos.

## **COM**

Sistema de radiocomunicaciones (aire-suelo) bidireccional que funciona en la banda 118-137 MHz.

## **Correcciones de antena**

Se trata de reducciones de la potencia radiada aparente (p.r.a.) en marcaciones acimutales y ángulos de elevación específicos en relación con el valor de la p.r.a. en la dirección de la radiación máxima. Se especifican normalmente como correcciones horizontales y verticales (dB).

## **Corriente de guía del rumbo**

Salida del receptor que se aplica al indicador del piloto y al autopiloto. En el caso del receptor del localizador ILS, da un guiado izquierdo/derecho proporcional a la diferencia de índices de modulación de las señales de 90 Hz y 150 Hz para un desplazamiento angular determinado respecto al eje de la pista. En el caso de un receptor VOR, da un guiado izquierdo/derecho proporcional a la diferencia de fase de las dos señales de 30 Hz.

## **Diferencia de índices de modulación (DDM)**

El índice de modulación es la relación de las amplitudes de la modulación de las señales de 90 Hz o 150 Hz y amplitud de la portadora. La DDM es el índice de modulación de la señal más intensa menos el índice de modulación de la señal más débil.

## **Distancia oblicua**

Distancia más corta entre dos puntos por encima de la superficie de la Tierra (por ejemplo, entre una antena de radiodifusión y un punto de prueba).

## **Distancia y cálculo de la distancia**

Cuando dos emplazamientos están separados más de 100 km, la distancia entre ellos se calcula como la distancia más corta en el suelo por el círculo máximo. Para distancias inferiores a 100 km, se tienen en cuenta la altura de la antena del transmisor de radiodifusión y la altura del punto de prueba, y si hay un trayecto de visibilidad directa entre ellos, se calcula la distancia oblicua.

## **Distancias mínimas de separación**

Distancias de separación mínimas horizontal y vertical que definen una zona alrededor de una antena de radiodifusión dentro de la cual la aeronave no volará normalmente.

## **Incompatibilidad potencial**

Se considera que se produce una incompatibilidad potencial cuando no se cumplen en un punto de prueba los criterios convenidos de protección.

## **Línea de visibilidad directa**

Trayectos sin obstrucciones entre dos emplazamientos que utilizan el radio efectivo de la Tierra definido anteriormente.

## **Localizador ILS**

Componente de un ILS que da guiado en el plano horizontal. El transmisor con su antena asociada producen un diagrama de campo compuesto modulado en amplitud en 90 Hz y 150 Hz. El diagrama de campo radiado es tal que para un observador situado frente al localizador en el extremo de aproximación de la pista, el índice de modulación de la frecuencia portadora debido al tono de 150 Hz domina en el lado derecho, mientras que el índice debido al tono de 90 Hz domina en el lado izquierdo. La diferencia de índices de modulación es 0 en el eje y en la prolongación del eje de la pista.

## **País proveedor**

Autoridad responsable de la provisión de los servicios aeronáuticos en un país u otra zona especificada.

## **Publicación de información aeronáutica (AIP)**

Documento publicado por un país proveedor que describe, entre otras cosas, las características y la DOC de las instalaciones aeronáuticas.

## **Punto de contacto en la pista**

Punto de la pista que define el inicio de la superficie en que las ruedas de la aeronave pueden tomar contacto con el suelo, normalmente posterior al umbral de la pista.

## **Punto de prueba**

Punto en el que se efectúa un cálculo de compatibilidad. Queda completamente descrito por los parámetros de una posición geográfica y su altura.

## **Radio efectivo de la Tierra**

Se utiliza un radio efectivo de la Tierra de 4/3 veces el valor real para los cálculos de distancia.

## **Radiofaro omnidireccional en ondas métricas (VOR)**

Ayuda a la navegación de alcance reducido (hasta 370 km o 200 millas náuticas, aproximadamente) que da a la aeronave una presentación continua y automática de información de marcación desde un emplazamiento conocido en el suelo.

## **Receptores aeronáuticos de inmunidad futura**

Receptores que cumplen, como mínimo, los criterios de inmunidad a la interferencia de Tipo B especificados en el Anexo 10 al Convenio de la OACI. A partir del 1 de enero de 1998, se considerará que todos los receptores en utilización tienen este grado de inmunidad. Estos receptores pueden denominarse «receptores de 1998 según el Anexo 10 del Convenio de la OACI».

## **Receptores aeronáuticos de tipo Montreal**

Localizador ILS o receptor VOR cuyas características se definen mediante las ecuaciones especificadas en el § 4.2 del Anexo 1. (Estas características fueron acordadas en la reunión de 1992 del Grupo de Tareas Especiales 12/1, en Montreal.) El término comprende los receptores denominados previamente de «inmunidad actual» y de «inmunidad deficiente».

## **Sector de alineación de pista**

Sector en el plano horizontal que se inicia en la antena del localizador ILS, contiene la alineación de la pista y que está limitada por la desviación a plena escala de la corrección izquierda y de la corrección derecha del indicador del receptor

de un localizador ILS. La desviación a plena escala es equivalente a una corriente de guiado de  $\pm 150 \mu\text{A}$  (diferencia de índices de modulación = 0,155).

### **Sector frontal de alineación de pista**

Sector de alineación de pista que comprende ésta. La anchura del sector frontal se ajusta entre  $3^\circ$  y  $6^\circ$  (normalmente,  $5^\circ$ ) de forma que la distancia entre una desviación a plena escala para la corrección izquierda y una desviación a plena escala para la corrección derecha en el indicador del receptor ILS sea igual a una anchura de unos 210 m en el umbral de la pista (véase la Fig. 1).

### **Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS)**

Sistema de radionavegación especificado en el Anexo 10 al Convenio de la OACI y convenido internacionalmente como norma actual de aproximación de precisión y ayuda al aterrizaje para las aeronaves.

### **Trayectoria de descenso**

Perfil de descenso sobre una pista, normalmente de  $3^\circ$ , que da un transmisor del trayecto de descenso ILS y un sistema de antenas que funcionan en la banda 329,3-335,0 MHz.

### **Umbral de pista**

Inicio de la parte de la pista utilizable para el aterrizaje.

### **Valor de activación**

Valor mínimo de una señal de radiodifusión MF que, cuando se aplica a la entrada de un receptor aeronáutico, es capaz de iniciar la generación de un producto de intermodulación de tercer orden con potencia suficiente para constituir interferencia potencial.

### **Valor de corte**

Nivel de potencia mínimo de una señal de radiodifusión a la entrada de un receptor aeronáutico en el que se considera que esta señal constituye una fuente probable de interferencia de Tipo B1.

---