

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1841*

Compatibilidad entre la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y el sistema aeronáutico de aumento basado en tierra en la banda de aproximadamente 108-117,975 MHz

(2007)

Cometido

En la Resolución 413 (CMR-03) se invita al UIT-R a estudiar cualquier asunto de compatibilidad entre el servicio de radiodifusión y los nuevos servicios aeronáuticos que funcionan alrededor de 108 MHz y elaborar Recomendaciones UIT-R nuevas o revisadas, según proceda. En la presente Recomendación se indican las prescripciones técnicas y operativas que pueden servir a las administraciones de directrices técnicas para establecer la compatibilidad del sistema de aumento situados en tierra (GBAS) por encima de 108 MHz y los sistemas de radiodifusión en ondas con modulación de frecuencia de hasta 108 MHz.

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 con modulación de frecuencia y los servicios aeronáuticos en la banda adyacente;
- b) que es preciso elaborar un método de análisis de la compatibilidad para identificar las posibles incompatibilidades inherentes al Plan de asignaciones a la radiodifusión a gran escala;
- c) que es necesario contar con un método de análisis detallado de la compatibilidad para cada caso, con el fin de investigar los posibles casos de incompatibilidad identificados en un análisis a gran escala o para evaluar por separado 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,

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 inherentes al Plan de asignaciones a gran escala a la radiodifusión;
- 3 que se utilicen las técnicas del Anexo 3 para los cálculos detallados de compatibilidad para cada caso, referentes a los casos de interferencia potencial identificados mediante el método del Anexo 2 o en relación con la evaluación por separado 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.

* La presente Recomendación debe transmitirse a la Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones para su información y la posible formulación de comentarios en el futuro.

Anexo 1

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

ÍNDICE

		<i>Página</i>
1	Antecedentes e introducción.....	2
2	Tipos de mecanismos de interferencia	2
3	Parámetros de evaluación de la compatibilidad	4
4	Criterios de evaluación de la compatibilidad	8
Apéndice 1 – Zona de cobertura e intensidades de campo mínimas del sistema de aumento situados en tierra (GBAS) (extracto del Anexo 10 al Convenio de la OACI).		12

1 Antecedentes e introducción

La interferencia producida por el servicio de radiodifusión con modulación de frecuencia (MF) a los sistemas móviles aeronáuticos utilizados en la navegación y la supervisión es un problema ampliamente reconocido entre los usuarios de los instrumentos de aviación. En los receptores GBAS de aeronave dicho problema de interferencia causa errores en la información de corrección de la navegación. La interferencia causada a estos receptores de navegación es un problema grave, especialmente durante la fase crítica de aproximación y aterrizaje, dado que no resulta claramente evidente para el piloto.

Los efectos de la interferencia en los receptores de aeronave varían según la ubicación de ésta, la altitud, la intermodulación y las emisiones no esenciales. La forma en que se indica la presencia de dicha interferencia varía según la marca y el modelo del receptor. 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, según el Anexo 10 al Convenio de la OACI.

2 Tipos de mecanismos de interferencia

En general, desde el punto de vista del receptor GBAS, la modulación de la transmisión de radiodifusión con frecuencia modulada puede considerarse como un ruido.

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

Por interferencia de Tipo A1 se entiende la interferencia causada por un solo transmisor que genera emisiones no esenciales o por intermodulación de varios transmisores de radiodifusión que producen componentes en las bandas de frecuencias aeronáuticas.

2.1.3 Interferencia de Tipo A2

Se denomina interferencia de Tipo A2 a la interferencia causada por una señal de radiodifusión que tiene componentes no despreciables en las bandas aeronáuticas; en la práctica se producirá únicamente por transmisores de radiodifusión que tengan frecuencias próximas a 108 MHz e interferirá únicamente en las frecuencias de los servicios móviles aeronáuticos con frecuencias 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 fuera de la banda aeronáutica.

2.2.2 Interferencia de Tipo B1

Por interferencia de Tipo B1 se entiende la intermodulación que puede generarse en un receptor aeronáutico cuando el receptor entra en la zona de no linealidad debido a señales de radiodifusión fuera de la banda aeronáutica. Para que se produzca este tipo de interferencia son necesarias, al menos, dos señales de radiodifusión cuyas frecuencias puedan generar, debido a un proceso no lineal, un producto de intermodulación dentro del canal RF deseado que utiliza el receptor aeronáutico. La amplitud de una de las señales de radiodifusión ha de ser lo suficientemente grande para situar al receptor en la zona de no linealidad, en cuyo caso puede producirse interferencia aun cuando las otras señales sean de amplitud considerablemente menor.

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 insensibilización que ocurre cuando la sección RF del receptor aeronáutico 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 GBAS que interesan en una evaluación de compatibilidad.

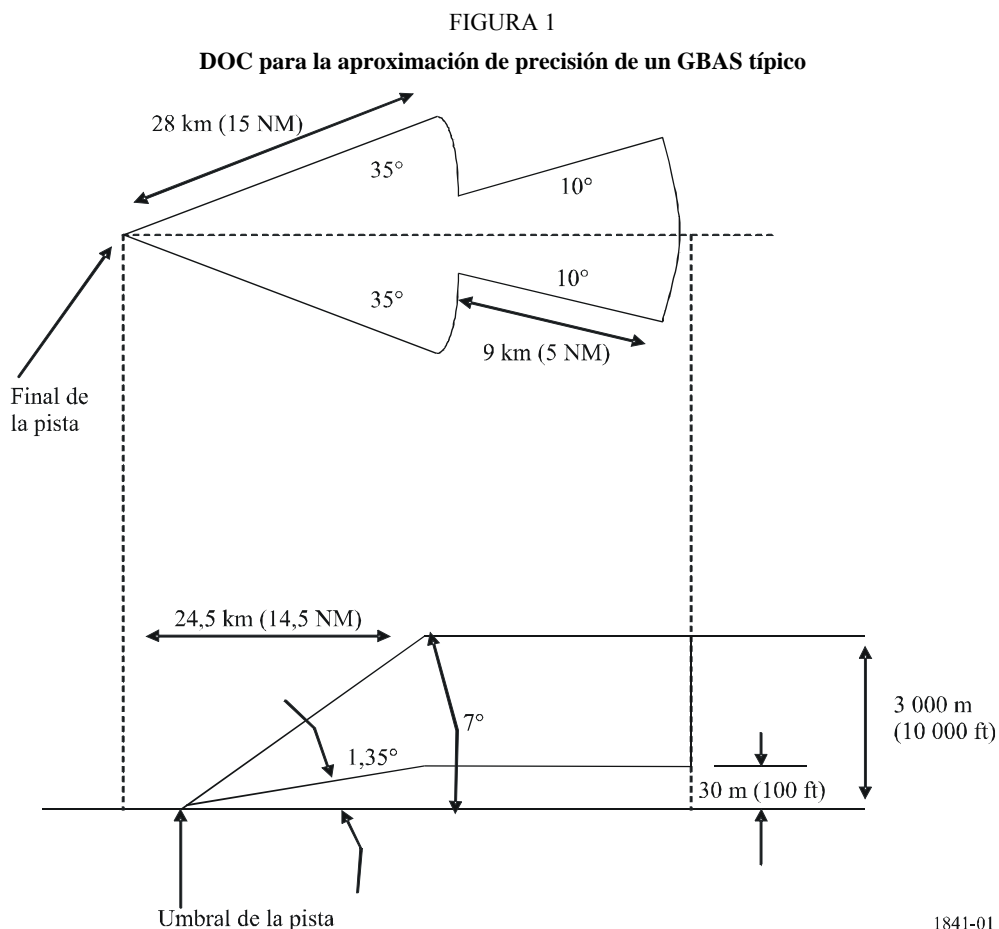
3.2 Características de los sistemas aeronáuticos

3.2.1 Cobertura operacional designada

El GBAS puede funcionar en uno de los dos modos siguientes:

- servicio de aproximación de precisión; o
- servicio de posicionamiento.

En el modo de aproximación de precisión, la Fig. 1 ilustra una cobertura operacional designada (DOC) típica para un GBAS de la Categoría I basada en el Anexo 10 del Convenio de la OACI. Algunas administraciones utilizan también el GBAS de tal modo que la DOC puede no estar alineada con una pista de aterrizaje. Esta DOC se define para cada pista de aterrizaje. Dado que una misma estación en tierra de GBAS puede abarcar varias direcciones de aterrizaje de un aeródromo, puede considerarse que la DOC global es la suma de estas DOC.



Nota: La Figura no está atribuida a escala.

Nota Editorial – La representación de la DOC se ha obtenido de las prescripciones que figuran en el Anexo 10 del Convenio de la OACI y no es la misma que aparece en el diagrama de elevación en la Recomendación UIT-R SM.1009-1.

La DOC de un GBAS para el posicionamiento puede variar de una instalación a otra: una DOC característica del GBAS para posicionamiento puede ser circular con un radio de 43 km (23 NM) desde el transmisor GBAS. Algunas instalaciones pueden tener un radio mayor en función de las necesidades operativas y las restricciones de planificación de frecuencia. Puede obtenerse mayor información de la correspondiente publicación de información aeronáutica (AIP) nacional (véanse las definiciones en el Anexo 4).

3.2.2 Intensidad de campo

La intensidad de campo mínima que hay que proteger a lo largo de la DOC (véase el § 3.5.4.4.2.2 del Apéndice 1) es 215 $\mu\text{V/m}$ (46,6 dB($\mu\text{V/m}$)).

3.2.3 Frecuencias

Las frecuencias GBAS se encuentran en la banda cercana a la banda de radiodifusión con MF y puede funcionar en las frecuencias ILS/VOR así como en las frecuencias intermedias. Las frecuencias GBAS ocupan canales a intervalos de 25 kHz y puede ser las siguientes: 108,025, 108,050 ... 117,950 MHz.

3.2.4 Polarización

En el GBAS pueden utilizarse dos tipos de polarización, a saber, la horizontal y, como opción adicional, la polarización vertical. La polarización horizontal es la única prevista para su utilización en la aviación civil internacional y, por ende, en la presente recomendación sólo se tienen en cuenta las aeronaves con antenas de polarización horizontal. La polarización vertical es una opción concebida para la utilización a escala nacional.

3.3 Características de las estaciones de radiodifusión con modulación de frecuencia

3.3.1 Potencia radiada aparente máxima

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

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 la 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)
≥ 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:

- E : intensidad de campo (dB(μ 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 que ha de utilizarse es la mayor de las componentes horizontal y vertical. No obstante, cuando las componentes horizontal y vertical tienen el mismo valor, 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 pueden convertirse en valores de la potencia a la entrada del receptor aeronáutico mediante 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(μ V/m)) de la señal de radiodifusión
- L_s : pérdidas por dispersión de la señal, de 3,5 dB

$L(f)$: atenuación 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 (en el caso de una antena con polarización horizontal)

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:

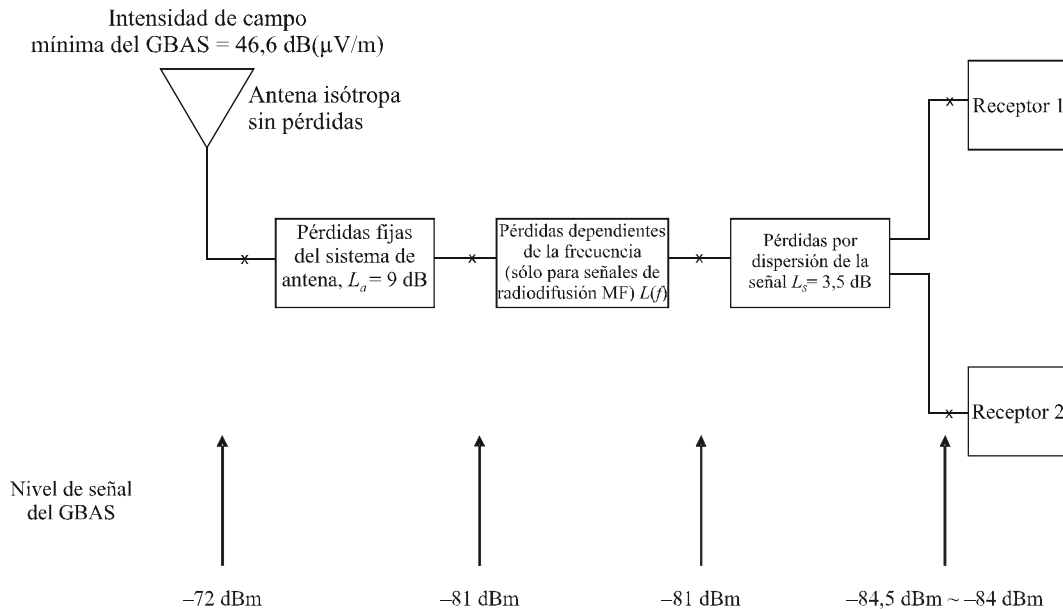
N_a : nivel de la señal (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico

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

La Fig. 2 muestra la forma de convertir la intensidad de campo mínima del GBAS de 46,6 dB(μ V/m) en -84 dBm a la entrada del receptor de una instalación típica de recepción aeronáutica, utilizando la fórmula (3).

FIGURA 2

Conversión de la intensidad de campo mínima del GBAS 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 0 para las frecuencias aeronáuticas y, por tanto, no aparecen en la fórmula (3).

1841-02

4 Criterios de evaluación de la compatibilidad

4.1 Umbrales de interferencia normalizados

4.1.1 GABS

El umbral de interferencia para los receptores GBAS es:

- una tasa de fallos de mensajes igual o menor que a un fallo por cada 1 000 mensajes de datos de aplicación de plena longitud (222 bytes).

4.2 Criterios de evaluación de la interferencia – Receptores GBAS

4.2.1 Interferencia de Tipo A1

En el Cuadro 2 se indican 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 que 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 que 300 kHz.

4.2.3 Interferencia de Tipo B1

4.2.3.1 Fórmulas de evaluación de la compatibilidad

Para evaluar las posibles incompatibilidades deben utilizarse las formuladas indicadas a continuación.

a) *Caso de dos señales:*

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

siendo:

N_1, N_2 : niveles de las señales de radiodifusión (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico en 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 GBAS

L_c : factor de corrección (dB) para tener en cuenta los cambios de nivel de la señal deseada (véase el § 4.3.3.3)

S : margen de 3 dB para tener en cuenta el hecho de que las ecuaciones sobre los criterios de inmunidad del receptor del Anexo 10 al Convenio de la OACI no proporcionan una formulación exhaustiva de la evaluación de la compatibilidad.

b) *Caso de tres señales:*

$$\begin{aligned}
 & N_1 - 20 \log\left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f_1)}{0,4}\right) + \\
 & N_2 - 20 \log\left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f_2)}{0,4}\right) + \\
 & N_3 - 20 \log\left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f_3)}{0,4}\right) + K + 6 - L_c + S > 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

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 las señales de radiodifusión (dBm) a la entrada del receptor aeronáutico en las frecuencias de radiodifusión f_1, f_2 y f_3 respectivamente
- $K = 78$ para GBAS
- L_c : factor de corrección (dB) para tener en cuenta los cambios de las señales deseadas (véase § 4.3.3.3)
- S : margen de 3 dB para tener en cuenta el hecho de que las ecuaciones sobre los criterios de inmunidad del receptor del Anexo 10 al Convenio de la OACI no proporcionan una formulación exhaustiva de la evaluación de la compatibilidad.

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 señal el factor de corrección 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 150 kHz, por cuanto en tales frecuencias los niveles de la señal serían tan elevados que podría producirse interferencia de Tipo B2.

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	5
150	11

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 GBAS 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
= -72 dBm para el GBAS.

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

$$\text{Valor de activación (dBm)} = \frac{(L_c - K - S)}{3} + 20 \log \left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f)}{0,4} \right) \quad \text{dBm} \quad (7)$$

siendo:

L_c : factor de corrección (dB) (véase el § 4.2.3.3)

$K = 78$ para el GBAS en el caso de 2 señales

$K = 84$ para el GBAS en el caso de 3 señales

f : frecuencia de radiodifusión (MHz)

S : margen de 3 dB para tener en cuenta el hecho de que las ecuaciones sobre los criterios de inmunidad del receptor del Anexo 10 al Convenio de la OACI no proporcionan una formulación exhaustiva de la evaluación de la compatibilidad

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

siendo

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 receptor GBAS de aeronave con el fin de evitar la interferencia potencial:

Para frecuencias aeronáuticas comprendidas entre 108,025 y 111,975 MHz:

$$N_{max} = \min\left(15; -10 + 20 \log\left(\frac{\max(0,4; 108,1-f)}{0,4}\right)\right) + L_c - S \quad (9)$$

Para frecuencias aeronáuticas comprendidas entre 112 y 117,975 MHz:

$$N_{max} = \min\left(15; 20 \log\left(\frac{\max(0,4; 108,1-f)}{0,4}\right)\right) + L_c - S \quad (10)$$

siendo:

- N_{max} : 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 ecuaciones sobre los criterios de inmunidad del receptor del Anexo 10 al Convenio de la OACI no proporcionan una formulación exhaustiva de la evaluación de la compatibilidad
- L_c : factor de corrección (dB) para tener en cuenta los cambios en el nivel de la señal deseada $L_c = \max(0; 0,5(N_A - N_{ref}))$
- 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 a la interferencia de tipo B2
= -72 dBm para el GBAS.

Apéndice 1 al Anexo 1

Zona de cobertura e intensidades de campo mínimas del GBAS

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 GBAS:

«3.7.3.5.3 Cobertura

3.7.3.5.3.1 La cobertura del GBAS en apoyo de cada una de las aproximaciones de precisión de Categoría I será como sigue, excepto cuando lo dicten de otro modo las características topográficas y lo permitan los requisitos operacionales:

- a) lateralmente, empezando a 140 m (450 ft) a cada lado del punto del umbral de aterrizaje/punto de umbral ficticio (LTP/FTP) y prolongando a $\pm 35^\circ$ a ambos lados de la trayectoria de aproximación final hasta 28 km (15 NM) y $\pm 10^\circ$ a ambos lados de la trayectoria de aproximación final hasta 37 km (20 NM); y

- b) verticalmente, dentro de la región lateral, hasta el mayor de los siguientes valores 7° ó $1,75$ por el ángulo de trayectoria de planeo promulgado (GPA) por encima de la horizontal con origen en el punto de interceptación de la trayectoria de planeo (GPIP) y $0,45$ GPA por encima de la horizontal o a un ángulo inferior, descendiendo hasta $0,30$ GPA, de ser necesario, para salvaguardar el procedimiento promulgado de interceptación de trayectoria de planeo. Esta cobertura se aplica entre 30 m (100 ft) y $3\ 000$ m ($10\ 000$ ft) de altura por encima del umbral (HAT).

NOTA – En el Apéndice B, 3.6.4.5.1, se definen en el LTP/ FTP y GPIP.

3.7.3.5.3.2 **Recomendación** – La cobertura del GBAS debería extenderse hacia abajo hasta $3,7$ m (12 ft) por encima de la superficie de la pista.

3.7.3.5.3.3 **Recomendación** – La radiodifusión de datos debería ser omnidireccional cuando se requiera en apoyo de las aplicaciones previstas.

NOTA – En el Adjunto D, 7.3, se presentan textos de orientación relativos a la cobertura del GBAS para las aproximaciones de precisión de Categoría I y el servicio de posicionamiento del GBAS.

3.7.3.5.4.4 Intensidad de campo y polarización RF de radiodifusión de datos.

NOTA – El GBAS puede proporcionar una radiodifusión de datos VHF con polarización horizontal (GBAS/H) o elíptica (GBAS/E) que utiliza componentes de polarización horizontal (HPOL) y vertical (VPOL). Las aeronaves que utilizan un componente VPOL no pueden realizar operaciones con equipo GBAS/H. En el Adjunto D, 7.1, se proporciona un texto de orientación al respecto.

3.7.3.5.4.4.1 *GBAS/H.*

3.7.3.5.4.4.1.1 Se radiodifundirá una señal polarizada horizontalmente.

3.7.3.5.4.4.1.2 La potencia radiada aparente (PRA) proporcionará una señal horizontalmente polarizada con una intensidad de campo mínima de 215 microvoltios por metro (-99 dBW/m²) y máxima de $0,350$ voltios por metro (-35 dBW/m²) dentro de todo el volumen de cobertura GBAS. La intensidad de campo se medirá como un promedio en el período de la sincronización y del campo de resolución de ambigüedad de la ráfaga. El desplazamiento de fase RF entre el HPOL y cualquiera de los componentes VPOL será tal que la potencia mínima de la señal definida en el Apéndice B, 3.6.8.2.2.3, se logra para los usuarios de HPOL en todo el volumen de cobertura.

3.7.3.5.4.4.2 *GBAS/E.*

3.7.3.5.4.4.2.1 **Recomendación** – Debería radiodifundirse una señal polarizada elípticamente siempre que sea posible.

3.7.3.5.4.4.2.2 Cuando se radiodifunde una señal polarizada elípticamente, el componente polarizado horizontalmente satisfará los requisitos de 3.7.3.5.4.4.1.2 y la potencia radiada aparente (PRA) permitirá una señal polarizada verticalmente con una intensidad de campo mínima de 136 microvoltios por metro (-103 dBW/m²) y máxima de $0,221$ voltios por metro (-39 dBW/m²) dentro del volumen de cobertura GBAS. La intensidad de campo se medirá como un promedio en el período de la sincronización y del campo de resolución de ambigüedad de la ráfaga. El desplazamiento de fase RF entre el HPOL y cualquiera de los componentes VPOL será tal que la potencia mínima de la señal definida en el Apéndice B, 3.6.8.2.2.3, se logra para los usuarios de HPOL en todo el volumen de cobertura.

NOTA – Las intensidades de campo mínima y máxima en 3.7.3.5.4.4.1.2 y 3.7.3.5.4.4.2.2 están en consonancia con una sensibilidad mínima de receptor de -87 dBm y una distancia mínima de 200 m (660 ft) de la antena del transmisor con un alcance de cobertura de 43 km (23 NM).»

Anexo 2

Método general de evaluación

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Introducción	13
2 Emplazamiento y altura de los puntos de prueba GBAS para cada DOC	14
3 Aplicación del método de evaluación general	16
4 Correcciones de la antena de la estación de radiodifusión	19
Apéndice 1 – Emplazamiento de puntos de prueba con potencial de interferencia máximo. Explicación del método de evaluación general	22
Apéndice 2 – Consideraciones sobre la intensidad de campo máxima y el potencial de interferencia máximo	23

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 (GBAS) (véase la Nota 1) y de la utilización particular de dicho servicio.

NOTA 1 – Véanse las definiciones en el Anexo 4.

1.2 GBAS

La DOC empleada en el GBAS como servicio de posicionamiento es circular. Ahora bien, cuando una aeronave utiliza el GBAS como servicio de aproximación de precisión, cada DOC protegida es la misma que para ILS. Por consiguiente, los puntos de prueba necesarios para GBAS son los mismos que los de VOR cuando se utiliza como servicio de posicionamiento. Cuando se utiliza como servicio de aproximación de precisión, para cada una de las DOC los puntos de prueba que se requieren son los mismos que para ILS.

2 Emplazamiento y altura de los puntos de prueba GBAS para cada DOC

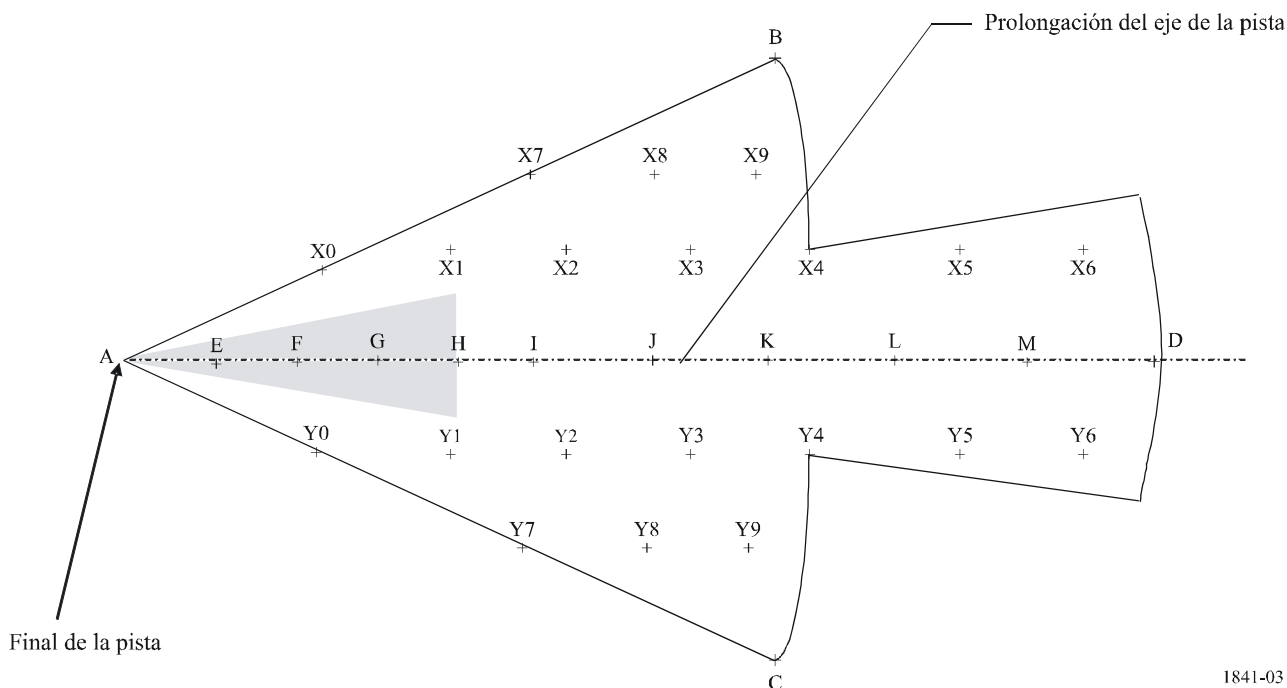
2.1 Puntos de prueba GBAS para la aproximación de precisión

2.1.1 Puntos de prueba fijos

Para cada uno de los puntos de prueba fijos de la Fig. 3, el Cuadro 5 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 a la elevación del final de la pista. 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.

FIGURA 3
Emplazamiento de los puntos de prueba fijos en cada DOC del GBAS



1841-03

Nota 1 – La zona sombreada se prolonga 12 km desde el final de la pista y se mantiene en un arco de $\pm 7,5^\circ$ respecto del eje de la pista ampliado.

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. 3:

- 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 GBAS pero fuera de la zona sombreada de la Fig. 3 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 final de la pista; o
- 150 m por encima de la antena de radiodifusión.

CUADRO 5

Puntos situados sobre el eje de la pista o la prolongación del mismo			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 GBAS para el posicionamiento

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

El punto de prueba se sitúa 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.

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.

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 un GBAS; 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 (§ 4.2 y § 4.3 del Anexo 1) 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 § 3.3.7 del Anexo 1) 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 GBAS;
- 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 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.

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.

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) que contengan 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. Se examina cualquier producto cuya frecuencia caiga en los 150 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.

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.

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 Puntos de prueba del GBAS para la aproximación de precisión

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. 3; o
- 300 m si la estación de radiodifusión no se encuentra en la zona sombreada de la Fig. 3.

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. 3:

- 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 GBAS o por debajo, pero fuera de la zona sombreada de la Fig. 3:

- 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.

3.2.3 Puntos de prueba del GBAS para el posicionamiento

3.2.3.1 Puntos de prueba adicionales

En los cálculos de la intensidad de campo se utiliza la distancia oblicua 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.

3.2.4 Cálculo de la intensidad de campo GBAS 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 GBAS se encuentra a más de 7 m por encima del nivel del suelo:

$$E_{GBAS} = E_{MIN} + \max(20 \log(\theta D_{MX} / D_{TP}); 0) \quad (11)$$

siendo:

- E_{MIN} : intensidad de campo mínima OACI (46 dB(μV/m))
- D_{MX} : alcance especificado del GBAS (km) en la dirección del punto de prueba
- D_{TP} : distancia del trayecto oblicuo (km) desde el emplazamiento transmisor GBAS hasta el punto de prueba
- θ : ángulo de elevación (grados) del punto de prueba respecto a la antena GBAS, que viene dado por:

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(\left[H_{TP} - H_{GBAS} - (D_{TP}/4,1)^2 \right] / [1\ 000 D_{TP}] \right) \quad (12)$$

donde:

- H_{TP} : altura del punto de prueba (m) por encima del nivel del mar
- H_{GBAS} : altura de la antena GBAS (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 GBAS 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 GBAS (46 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.

3.2.5 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:

$$IM = \max((E_i - S_i); \dots; (E_N - S_N)) + PR - E_w \quad (13)$$

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 46 dB(μV/m) para el GBAS).

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.

3.2.6 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).

3.2.7 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 el valor mínimo de 46 dB(μV/m) para el GBAS.

3.2.8 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 del § 3.2.4 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:

$$H = (\text{p.r.a. en la dirección pertinente}) - (\text{p.r.a. máxima}) \quad (14)$$

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 6 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 6

p.r.a. máxima (dBW)	Apertura vertical en longitudes de onda
p.r.a. ≥ 44	8
$37 \leq \text{p.r.a.} < 44$	4
$30 \leq \text{p.r.a.} < 37$	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:

$$V = -20 \log (\pi A \sin \theta) \quad (15)$$

siendo:

- A: apertura vertical en longitudes de onda
- θ : 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 7 caracterizan la envolvente del diagrama de radiación vertical.

Para ángulos intermedios se utiliza una interpolación lineal.

CUADRO 7

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° , 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 0 dB 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 servicio de posicionamiento del GBAS

En el método de evaluación general, se utiliza este enfoque directo para los cálculos de compatibilidad del GBAS 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 servicio de aproximación de precisión del GBAS

A diferencia del caso de posicionamiento GBAS, hay relativamente pocas estaciones de radiodifusión situadas dentro o por debajo de la DOC de aproximación de precisión del GBAS 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. 3 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. 4).

Sea:

P : p.r.a. (dBW)

h : diferencia de altura (km)

d : distancia oblicua (km)

θ : ángulo de elevación en relación a la horizontal, en la antena de radiodifusión

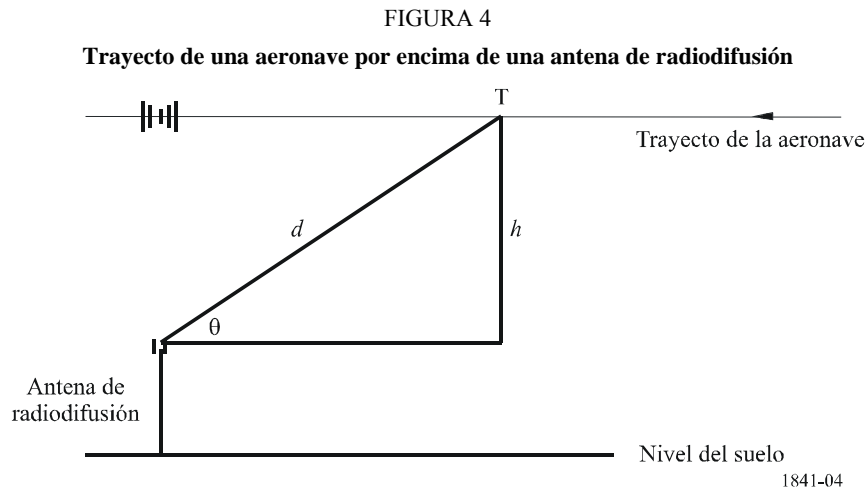
V : corrección del diagrama de radiación vertical (dB).

en cualquier punto T, la intensidad de campo E (dB(μ V/m)) (véase la Nota 1) viene dada por (véase el § 3.3.7 del Anexo 1):

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + V \quad (16)$$

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 θ .



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

$$E = 76,9 + P - 20 \log d - 20 \log (\pi A \text{ sen} \theta) \quad (17)$$

dado que $d = h / \text{sen} \theta$

se obtiene:

$$E = 76,9 + P - 20 \log \left(\frac{h \pi A \text{ sen} \theta}{\text{sen} \theta} \right) = 76,9 + P - 20 \log (h \pi A) \quad (18)$$

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

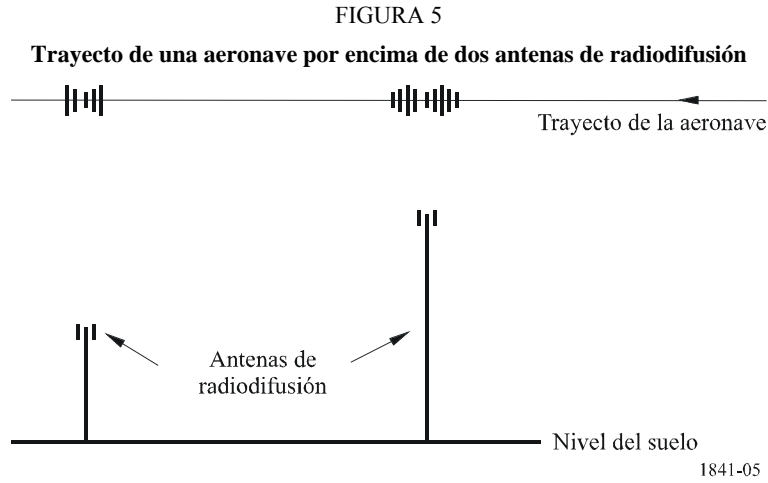
1.2 Para valores grandes de θ , (habiendo V alcanzado su valor máximo), esto es, cerca de la estación de radiodifusión (la zona sombreada de la Fig. 4), la corrección del diagrama de radiación vertical permanece constante en su valor máximo. Con ello:

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + \text{constante} \quad (19)$$

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. 5).



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.

Anexo 3

Evaluación detallada de la compatibilidad y verificación práctica

ÍNDICE

		<i>Página</i>
1	Introducción.....	26
2	Aspectos que exigen un examen especial.....	26
	2.1 Predicción de las intensidades de campo de radiodifusión.....	26
	2.2 Consideraciones sobre los puntos de prueba	26
	2.3 Consideración de las estaciones operativas	27
3	Interferencia múltiple	27
4	Evaluación detallada de la compatibilidad	27
5	Proceso de verificación práctica.....	28
6	Resumen	28

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 cada caso, utilizando los 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, menos de 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 una DOC de posicionamiento GBAS. Esto puede ocurrir con mayor probabilidad en las instalaciones GBAS de baja potencia.

2.3 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:

$$IM = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{(IM_i/10)} \right) \quad (20)$$

siendo:

N : número de márgenes de interferencia individuales

IM_i : valor del margen de interferencia i -ésimo.

4 Evaluación detallada de la compatibilidad

En una evaluación detallada de la compatibilidad para cada 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.

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.

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.

La verificación de los cálculos de evaluación de la compatibilidad puede 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

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.

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.

CAT I

Instrumento de precisión para la aproximación y aterrizaje con una resolución de altura no inferior a 60 m (200 pies) y una visibilidad no inferior a 800 m o un alcance visual de la pista no inferior a 550 m.

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.

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, en dB.

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.

Final de la pista

Punto de la pista que define el final de la pista útil para el aterrizaje.

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.

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.

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.

Sistema de aumento situado en tierra (GBAS)

Sistema de aumento en el que la aeronave recibe la información de aumento de navegación por satélite directamente de un transmisor situado en tierra.

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.
