

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BS.1660-8
(06/2019)

**Bases técnicas para la planificación de la
radiodifusión sonora digital terrenal
en la banda de ondas métricas**

Serie BS
Servicio de radiodifusión
(sonora)



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

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 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
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	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, 2019

© UIT 2019

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 BS.1660-8*

Bases técnicas para la planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas

(Cuestión UIT-R 56-3/6)

(2003-02/2005-11/2005-2006-05/2011-12/2011-2012-2015-2019)

Cometido

Esta Recomendación describe los criterios de planificación que podrían utilizarse en la planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas, para los Sistemas Digitales A, F, G y C de la Recomendación UIT-R BS.1114.

Palabras clave

DAB, DRM, HD Radio, IBOC, Radiodifusión digital sonora, RDSI-T_{SB}.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) las Recomendaciones UIT-R BS.774 y UIT-R BS.1114;
- b) el Manual del UIT-R – Radiodifusión sonora digital terrenal y por satélite destinada a receptores de vehículo, portátiles y fijos en las bandas de ondas métricas/decimétricas;
- c) Informe UIT-R BS.2214 – Parámetros de planificación para los sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal en bandas de ondas métricas,

recomienda

que se utilicen los criterios de planificación descritos en el Anexo 1 para el Sistema Digital A, en el Anexo 2 para el Sistema Digital F, en el Anexo 3 para el Sistema Digital G, y en el Anexo 4 del Sistema Digital C en la planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas.

Anexo 1**Bases técnicas para la planificación del Sistema A de radiodifusión sonora digital terrenal (DAB) en la banda de ondas métricas****1 Generalidades**

En este Anexo se describen los criterios de planificación que podrían utilizarse para planificar el sistema de radiodifusión digital sonora DAB. El Informe UIT-R BS.2214 proporciona más orientación sobre los elementos fundamentales para planificar y diseñar una red DAB.

* La Administración de la República Árabe Siria no está en condiciones de aceptar el contenido de esta Recomendación ni de utilizarlo como base técnica de la planificación de la radiodifusión sonora en la banda de ondas métricas, en las próximas Conferencias Regionales de Radiocomunicaciones para la planificación del servicio de radiodifusión digital terrenal en partes de las Regiones 1 y 3.

La última versión de la norma DAB, ETSI EN 300 401 V2.1.1, sólo abarca la banda de ondas métricas, que incluye las bandas I, II y III. En esta Recomendación sólo se tiene en cuenta la banda III, para la que se utiliza una frecuencia de referencia de 200 MHz.

El término «DAB» en esta Recomendación se utiliza tanto para los sistemas DAB como para los DAB+. Se indican, en su caso, las diferencias en la incidencia sobre los criterios de planificación entre los dos sistemas.

La antena de recepción, que se supone, es la representativa de la recepción móvil y portátil, tiene una altura de 1,5 m sobre el nivel del suelo, y es unidireccional con una ganancia ligeramente inferior a la de un dipolo.

El método de predicción de la intensidad de campo se basa en curvas para el 50% de los emplazamientos y el 50% del tiempo de la señal deseada, y el 50% de los emplazamientos y el 1% del tiempo de la señal no deseada.

Para el cálculo de la interferencia troposférica (1% del tiempo) y continua (50% del tiempo), véase la Recomendación UIT-R BT.655.

El porcentaje de emplazamientos exigidos para los servicios DAB depende del modo de recepción considerado.

Las curvas de propagación utilizadas en la planificación se refieren a una altura de antena receptora de 10 m sobre el suelo, mientras que el servicio DAB se planificará principalmente para la recepción móvil, es decir, con una altura efectiva de la antena receptora de 1,5 m, aproximadamente. Se necesita un margen de pérdida de altura para convertir la intensidad de campo mínima requerida del servicio DAB con una antena de vehículo de 1,5 m de altura al valor equivalente con una antena de 10 m.

2 Modos de recepción y valores C/N correspondientes

Tradicionalmente, las redes de radiocomunicaciones se planificaron suponiendo recepción fija desde el tejado con la antena de recepción situada a 10 m sobre el nivel del suelo. Sin embargo, esta situación no se considera por lo general un caso de recepción para la planificación de redes DAB. En la mayoría de los casos, las redes DAB fueron concebidas para la recepción portátil o móvil y, dentro de la zona de servicio del servicio portátil o móvil, se garantiza la recepción fija desde el tejado. Por lo tanto, en esta Recomendación no se proporcionan parámetros para la recepción fija desde el tejado.

En esta Recomendación se consideran seis modos de recepción. En el Cuadro 1 se enumeran los diferentes casos, a saber, recepción portátil y móvil para dispositivos de bolsillo, radio de cocina y dispositivos instalados en vehículos. En todos los casos se supone la recepción a 1,5 m sobre el nivel del suelo como mínimo.

El valor de C/N asociado a cada modo de recepción también se indica en el Cuadro 1. Los valores de C/N para los conjuntos DAB destinados a transportar subcanales protegidos con EEP se han determinado mediante una serie de mediciones basadas en los receptores DAB+ elegidos arbitrariamente y dos perfiles diferentes para la recepción móvil y portátil. Los dos perfiles de Rayleigh son Urbano Típico 12, UT 12 (velocidad 25 km/h doce grifos), y Zona Rural 6, ZR 6 (velocidad 120 km/h seis derivaciones).

CUADRO 1

Modos de recepción y valores C/N correspondientes

	Modo de recepción	C/N (dB)	Modelo de canal
1	Recepción móvil/rural (MO)	12,6	ZR 6
2	Recepción portátil en exteriores /suburbano (PO)	11,9	UT 12
3	Recepción portátil en interiores/urbano (PI)	11,9	UT 12
4	Recepción portátil con dispositivo de bolsillo en exteriores/suburbano/antena externa (PO-H/Ext)	11,9	UT 12
5	Recepción portátil con dispositivo de bolsillo en interiores/urbano/antena externa (PI-H/Ext)	11,9	UT 12
6	Recepción móvil con dispositivo de bolsillo /rural/antena externa (MO-H/Ext)	12,6	ZR 6

3 Ganancia de la antena

En el Cuadro 2 se resume la ganancia de la antena para los receptores DAB en la Banda III para los modos de recepción enumerados en § 2:

- recepción móvil (vehículo) utilizando una antena integrada situada fuera del vehículo;
- recepción portátil utilizando un receptor de tipo autónomo (radio de mesa o de cocina) con antena integrada (retráctil o telescópica);
- recepción en dispositivo de bolsillo con antena externa (por ejemplo, auriculares telescópicos o con cable);
- recepción en dispositivo de bolsillo en un vehículo en movimiento con antena externa (por ejemplo, auriculares telescópicos o con cable).

CUADRO 2

Ganancias de antena G_D

200 MHz		
Modo de recepción	Tipo de antena	Ganancia de la antena G_D
Recepción móvil (vehículo) (MO)	Antena acoplada	-5 dBd a -10 dBd
Recepción portátil (PO, PI)	Integrada	-8 dBd a -10 dBd
Recepción móvil y portátil con dispositivo de bolsillo (PO-H, PI-H, MO-H)	Externa*	-13 dBd

(*) auriculares telescópicos o con cable

4 Pérdidas en el alimentador

Las pérdidas en el alimentador suelen ser pequeñas para los casos de recepción que revisten interés para la DAB. Se sugiere utilizar una pérdida en el alimentador de 0 dB para la recepción portátil, en dispositivos de bolsillo y móvil.

5 Margen para el ruido artificial (MMN)

Es necesario tomar en consideración el efecto del ruido artificial (MMN) sobre el rendimiento del sistema, recibido a través de la antena, por cuanto afecta a los cálculos de la cobertura prevista de la intensidad de campo. En el Cuadro 3 se indican los valores para diferentes tipos de ganancia de antena y casos de recepción.

CUADRO 3

P_{mmn} en dB en función de la ganancia de la antena ($F_r = 6$ dB, $f = 200$ MHz)

Ganancia de la antena (dBd)	-5	-8	-13
Rural	0,9	0,5	0,2
Residencial/suburbano	2,5	1,5	0,5
Urbano en interiores	7,6	5,3	2,4

En los últimos años se ha observado un aumento del ruido artificial y cabe esperar que siga aumentando a medida que se introducen nuevos dispositivos electrónicos, en particular las luces LED. Como consecuencia de estos cambios en curso, es necesario supervisar los niveles de ruido artificial y seguir estudiando y midiendo el ruido artificial.

6 Altura de predicción de la cobertura

El factor de corrección relativo a las pérdidas debidas a la altura entre 10 m y 1,5 m puede tomarse directamente de las Actas Finales de GE06, § 3.2.2.1 del capítulo 3 del Anexo 2 (Consideraciones sobre pérdidas por altura). Este factor depende de la frecuencia y del entorno de recepción.

A efectos de planificación, los valores de la pérdida por altura pueden calcularse utilizando las alturas de los obstáculos pertinentes para el país o la zona del caso y basándose en el método especificado en la Recomendación UIT-R P.1546.

7 Pérdidas por penetración en edificios

La recepción portátil puede tener lugar en emplazamientos interiores y exteriores. La intensidad de campo en emplazamientos interiores podría sufrir una atenuación considerable que depende de los materiales, del tipo de construcción y de la orientación del edificio. Las pérdidas medias por penetración en edificio se definen como la relación entre la intensidad de campo media dentro del edificio a una determinada altura sobre el suelo y la intensidad de campo media fuera del mismo edificio a la misma altura respecto del suelo en (dB).

La cuestión de las pérdidas por penetración en edificios se ha vuelto a examinar recientemente. Una de las principales conclusiones de las investigaciones recientes es que se debe hacer una importante distinción entre los edificios que disponen de ventanas metálicas y otros materiales destinados a mejorar la eficiencia térmica y los que no. Los valores se resumen en el Cuadro 4.

CUADRO 4

Ejemplo de cálculo de las pérdidas medias por penetración en edificios
El valor de los coeficientes u y v figuran en el Cuadro 1 de la Rec. UIT-R P.2109

	Edificio tradicional	Edificio con aislamiento térmico
Frecuencia f	0,2 GHz	0,2 GHz
Coficiente r del modelo	12,64	28,19
Coficiente s del modelo	3,72	-3,00
Coficiente t del modelo	0,96	8,48
Pérdida media en trayectos horizontales $L_h = r + s \log(f) + t [\log(f)]^2$	10,5	34,4
Corrección para el ángulo de elevación del trayecto en la fachada del edificio $L_e = 0.212 \theta $ siendo θ el ángulo de elevación	~ 0	~ 0
Pérdidas medias por penetración en el edificio $L_h + L_e$	10,5 dB	34,4 dB
$\sigma_1 = u + v \log(f)$	8,2 dB	10,8 dB

8 Pérdidas por penetración en vehículos (automóvil)

Según un estudio¹, las pérdidas por penetración en vehículos son de 8 dB con una desviación típica de 2 dB, basado en mediciones a 800 MHz. A falta de investigaciones sobre las pérdidas por penetración en vehículos y su variación con la frecuencia, este mismo valor se toma para la Banda III. No obstante, cabe esperar que el valor de 8 dB no sea suficiente para estimar las pérdidas por penetración en trenes.

9 Porcentajes de emplazamientos

9.1 Factor de corrección de emplazamientos

Para obtener los niveles de señal para la planificación, es decir, la mínima intensidad de campo necesaria para permitir la recepción en un mayor porcentaje de emplazamientos debe aplicarse un factor de corrección de emplazamientos C_1 . Al calcular el factor de corrección de emplazamientos, se supone una distribución logarítmica normal de la señal recibida respecto de los emplazamientos.

El factor de corrección de emplazamientos C_1 puede calcularse mediante la siguiente ecuación (1):

$$C_1 = \mu \times \sigma \quad (1)$$

siendo:

σ : desviación típica de la distribución de la intensidad de campo

μ : factor de distribución normal.

A continuación, se indican los valores utilizados con más frecuencia:

¹ Mediciones de las características de atenuación por penetración en vehículos a 800 MHz. *48th IEEE Vehicular technology Symposium, mayo de 1998.*

CUADRO 5

Factor de distribución normal para valores de % emplazamiento más comúnmente utilizados

Factor de distribución normal μ	% de emplazamientos
0,00	50
0,52	70
1,28	90
1,64	95
2,33	99

En el cuadro de distribución normal de la Recomendación UIT-T P.1546 figuran valores de μ para otros porcentajes de emplazamientos.²

Dependiendo del modo de recepción, se tendrán que aplicar valores diferentes de μ y σ .

9.2 Factores de corrección de emplazamientos para diferentes modos de recepción

En § 2 se definen diferentes modos de recepción:

MO: Recepción móvil normal;

PO: Recepción portátil normal en exteriores;

PI: Recepción portátil normal en interiores;

PO-H/Ext: Recepción portátil con dispositivo de bolsillo en exteriores con antena externa;

PI-H/Ext: Recepción portátil con dispositivo de bolsillo en interiores con antena externa;

MO-H/Ext: Recepción móvil con dispositivo de bolsillo con antena externa.

En muchos casos, el factor de corrección de emplazamientos se ve afectado no sólo por la variación del emplazamiento, sino también por el valor de la desviación típica de pérdidas adicionales, como la pérdida por penetración en edificios o en vehículos. En este caso, la desviación típica resultante puede calcularse utilizando la siguiente expresión:

$$\sigma_{res} = \sqrt{(\sigma_{LV}^2 + \sigma_{OL}^2)} \quad (2)$$

El Cuadro 6 contiene los valores utilizados para los diversos modos de recepción. En el caso de recepción en interiores de un edificio, los valores se basan en la atenuación por penetración medida en edificios tradicionales (véase § 7).

² Función de Excel = normsinv(x), siendo el valor x = un valor > 0 y < 1 para obtener valores de μ .

CUADRO 6

Cálculo del valor de corrección de emplazamientos para diversos modos de recepción

Modo de recepción	Calidad del servicio	Variación de emplazamientos σ_{LV} (dB)	Variación de otras pérdidas σ_{OL} (dB)	Variación compuesta de emplazamientos SD σ_{res} (dB)	Probabilidad de emplazamientos %	Valor del factor de distribución μ	Factor de corrección de emplazamientos C_1 (dB) ³	Comentarios
1. MO (rural)	Buena	4,0	0	4,0	99	2,33	9,32	
	Aceptable	4,0	0	4,0	90	1,28	5,12	
2. PO (suburbano)	Buena	4,0	0	4,0	95	1,64	6,56	
	Aceptable	4,0	0	4,0	70	0,52	2,08	
3. PI (urbano)	Buena	4,0	8,2	9,12	95	1,64	14,96	BEL
	Aceptable	4,0	8,2	9,12	70	0,52	4,74	BEL
4. PO-H/Ext (suburbano)	Buena	4,0	0	4,0	95	1,64	6,56	
	Aceptable	4,0	0	4,0	70	0,52	2,08	
5. PI-H/Ext (urbano)	Buena	4,0	8,2	9,12	95	1,64	14,96	BEL
	Aceptable	4,0	8,2	9,12	70	0,52	4,74	BEL
6. MO-H/Ext (rural)	Buena	4,0	2	4,47	99	2,33	10,42	VEL
	Aceptable	4,0	2	4,47	90	1,28	5,72	VEL

BEL = Pérdidas de penetración en edificios VEL = Pérdidas de penetración en vehículos

9.3 Margen de corrección de emplazamientos

Al determinar la intensidad de campo máxima admisible de una señal interferente, deben tenerse en cuenta tanto la variación de emplazamientos de la señal deseada como la de la señal interferente. La cantidad de protección alcanzada para una señal deseada dada con respecto a una señal interferente dada está relacionada con la diferencia de las intensidades de campo deseada e interferente. Esta diferencia es una variable estadística que depende de:

- los valores medios de los dos campos y
- sus desviaciones típicas de emplazamientos,

y cuya desviación típica se calcula del modo siguiente:

$$\sigma_{res} = \sqrt{(\sigma_{wanted})^2 - 2\rho \times \sigma_{wanted} \times \sigma_{interferer} + (\sigma_{interferer})^2} \quad (3)$$

Se supone que las señales deseada e interferente presentan una distribución logarítmica normal y no están correlacionadas, es decir, el factor de correlación $\rho = 0$. Si tienen idénticas desviaciones típicas;

Siendo $\sigma_{deseada} = \sigma_{interferente}$ y $\rho = 0$,

$$\sigma_{res} = (\sigma_{wanted}) \times \sqrt{2} \quad (4)$$

La desviación típica combinada de la variación de emplazamientos se utiliza para determinar el margen de corrección de emplazamientos (LCM).

³ Los valores de la columna factor de corrección de emplazamientos no se han redondeado ya que se pueden tomar de los números que figuran en este Cuadro, que se muestran con dos cifras decimales.

El valor del margen LCM se obtiene a partir del % de disponibilidad para la intensidad de campo deseada, μ , y la desviación típica de la variación de emplazamientos:

$$\text{LCM} = \mu \times \sigma_{res} \quad (5)$$

El valor máximo de la intensidad de campo interferente media se puede calcular a partir de:

$$E_I^{Max} = E_W^{Min} - \text{PR} - \text{LCM} \quad (6)$$

siendo E_I^{Max} el valor máximo admisible de la intensidad de campo interferente, E_W^{Min} es el mínimo valor medio de la intensidad de campo deseada y PR es la relación de protección.

Por lo general, las situaciones de interferencia se calculan para la intensidad de campo mínimo que se desea proteger; normalmente el modo de recepción móvil en exteriores (MO). La disponibilidad (porcentaje de emplazamientos a los que se da servicio) para ese modo de recepción es del 99% con el valor resultante de μ de 2,33 y, por consiguiente, el valor de $\text{LCM} = 2,33\sigma_{res}$. Si se utiliza el valor de 4,0 dB para el valor de $\sigma_{wanted} = \sigma_{interferer}$ el valor resultante será $\sigma_{res} = 5,66$ dB y el valor de $\text{LCM} = 13,19$ dB.

10 Propiedades del receptor

10.1 Factor de ruido del receptor

Se sugiere utilizar en la planificación un factor de ruido de 6 dB.

10.2 Niveles mínimos de la señal a la entrada del receptor

Para ilustrar cómo afecta la relación C/N al nivel mínimo de la señal a la entrada del receptor, se ha calculado este último para la relación C/N representativa, incluido el margen de implementación. Para otros valores se puede aplicar una interpolación lineal simple.

Se ha elegido un factor de ruido del receptor de 6 dB (véase el § 10.1). Esta figura se emplea para todas las frecuencias dentro de la Banda III y, por lo tanto, el nivel mínimo de la señal de entrada del receptor es independiente de la frecuencia del transmisor. Si en la práctica se utilizan otras cifras de ruido, el nivel mínimo de la señal de entrada del receptor cambiará en la misma medida.

Los niveles mínimos de señal a la entrada del receptor aquí calculados se utilizan en el § 11.1 para obtener los valores mínimos de la densidad de flujo de potencia y los valores mínimos medianos de la intensidad de campo equivalentes para diversos modos de recepción.

Definiciones:

- B : Ancho de banda de ruido en el receptor (Hz)
- C/N : Relación entre la señal RF y el ruido requerida por el sistema (dB)
- F_r : Factor de ruido en el receptor (dB)
- P_n : Potencia de entrada de ruido en el receptor (dBW)
- $P_{s\ min}$: Mínima potencia de la señal a la entrada del receptor (dBW)
- $U_{s\ min}$: Mínima tensión equivalente a la entrada del receptor en Z_i (dB μ V)
- Z_i : Impedancia de entrada en el receptor (75 Ω).

Constantes:

- k : Constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ Ws/K
- T_0 : Temperatura absoluta = 290 K.

Fórmulas empleadas:

$$P_n \text{ (in dBW)} = F_r + 10 \log (k \times T_0 \times B)$$

$$P_{s \text{ min}} \text{ (in dBW)} = P_n + C/N$$

$$U_{s \text{ min}} \text{ (in dB}\mu\text{V)} = P_{s \text{ min}} + 120 + 10 \log (Z_i).$$

CUADRO 7

Niveles mínimos requeridos de la señal de entrada para diferentes valores C/N

Banda III – Canales de 7 MHz			
Modelo del canal		TU 12	RA 6
Ancho de banda de ruido equivalente	B (Hz)	$1\,536 \times 10^6$	$1\,536 \times 10^6$
Factor de ruido del receptor	F_r (dB)	6	6
Potencia de ruido a la entrada del receptor correspondiente	P_n (dBW)	-136,10	-136,10
Relación señal RF/ruido	C/N (dB)	11,9	12,6
Mín. potencia de la señal a la entrada del receptor	$P_{s \text{ min}}$ (dBW)	-124,20	-123,50
Mín. tensión equivalente a la entrada del receptor, 75 ohm	$U_{s \text{ min}}$ (dB μ V)	14,55	15,25

11 Cálculo de los niveles de la señal y las relaciones de protección

11.1 Niveles de señal para la planificación

En el § 10.2 se indican los niveles mínimos de la señal para rebasar el ruido, expresado como la mínima potencia a la entrada del receptor y la correspondiente mínima tensión equivalente de entrada del receptor. No se tiene en cuenta ningún efecto de propagación. Sin embargo, en la práctica es necesario contemplar estos efectos al considerar la recepción.

Cabe señalar que, debido a la muy rápida transición entre una recepción casi perfecta y la ausencia absoluta de recepción, al definir la cobertura es necesario que el nivel mínimo requerido de la señal se alcance en un alto porcentaje de emplazamientos. Estos porcentajes se han fijado en el 95% para una recepción portátil «buena» y en un 70% para la «aceptable». Para la recepción móvil, los porcentajes definidos fueron del 99% y el 90%, respectivamente.

En el § 11.1 se presentan los valores mínimos de la densidad de flujo de potencia media y las intensidades de campo equivalentes que son necesarias tener en cuenta en la práctica al realizar la planificación.

Para calcular la d_{fp} mínima o la intensidad de campo equivalente necesaria para garantizar que se alcancen los valores mínimos del nivel de la señal en el porcentaje requerido de emplazamientos, se utilizan las fórmulas siguientes:

$$\varphi_{min} = P_{s \text{ min}} - A_a + L_f$$

$$E_{min} = \varphi_{min} + 120 + 10 \log_{10} (120\pi) = \varphi_{min} + 145.8$$

$$\begin{aligned} \varphi_{med} &= \varphi_{min} + P_{mmm} + C_1 && \text{(para recepción portátil en exteriores,} \\ &&& \text{recepción móvil y recepción portátil con} \\ &&& \text{dispositivo de bolsillo en exteriores y} \\ &&& \text{recepción móvil con dispositivo de bolsillo)} \\ \varphi_{med} &= \varphi_{min} + P_{mmm} + C_1 + L_b && \text{(para recepción portátil en interiores y} \\ &&& \text{recepción portátil con dispositivo de} \\ &&& \text{bolsillo en interiores)} \\ \varphi_{med} &= \varphi_{min} + P_{mmm} + C_1 + L_v && \text{(para recepción móvil con dispositivo de} \\ &&& \text{bolsillo)} \\ E_{med} &= \varphi_{med} + 120 + 10 \log_{10} (120\pi) = \varphi_{med} + 145.8 \end{aligned}$$

siendo:

- C/N : relación entre la señal RF y el ruido requerida por el sistema (dB)
- φ_{min} : mínima dfp en el emplazamiento receptor (dBW/m²)
- E_{min} : mínima intensidad de campo equivalente en el emplazamiento receptor (dB μ V/m)
- L_f : pérdidas en el alimentador (dB)
- L_b : pérdidas por penetración en edificios (dB)
- L_v : pérdidas por penetración en vehículos (dB)
- P_{mmm} : margen para el ruido artificial (dB)
- C_1 : factor de corrección de emplazamientos (dB)
- φ_{med} : mínima dfp mediana, valor planificado (dBW/m²)
- E_{med} : mínima intensidad de campo equivalente media, valor planificado (dB μ V/m)
- A_a : apertura eficaz de la antena (dBm²) [$A_a = G_{iso} + 10 \log_{10} (\lambda^2/4\pi)$] $\times G_{iso}$ es la ganancia de la antena relativa a una antena isotrópica
- $P_{s min}$: mínima potencia a la entrada del receptor (dBW).

Para calcular el factor de corrección de emplazamientos C_l se supone que la señal recibida presenta una distribución logarítmica normal.

$$C_l = \mu \times \sigma$$

siendo:

- μ : factor de distribución. Véase el § 9.1
- σ : desviación típica con un valor de 4,0 dB para la recepción en exteriores. Los valores de σ adecuados para la recepción en interiores se indican en § 9.2

Si bien las cuestiones tratadas en esta sección son de aplicación general, se requieren consideraciones especiales adicionales en el caso de las SFN en las que hay más de una señal deseada.

11.1.1 Ejemplos de los niveles de señal para la planificación

En esta sección se describe en detalle el cálculo para los casos enumerados en el Cuadro 1.

En la Cuadro 8, la altura de recepción es de 1,5 m por encima del nivel del suelo (l.a.g.) para todos los modos de recepción. Los cálculos se realizan para una frecuencia que representa la Banda III (200 MHz) y un ancho de banda de 1,7 MHz.

CUADRO 8
DAB+ en la Banda III

			1. (MO) Móvil/rural	2. (PO) Portátil exteriores /suburbano	3. (PI) Portátil exteriores /urbano	4. (PO-H/Ext) Portátil de bolsillo exteriores/suburbano /antena externa	5. (PI-H/Ext) Portátil de bolsillo interiores/urbano /antena externa	6. (MO-H/Ext) Móvil de bolsillo / rural/antena externa
Frecuencia	Freq	MHz	200	200	200	200	200	200
C/N mínima requerida por el sistema	C/N	dB	12,6	11,9	11,9	11,9	11,9	12,6
Factor de ruido del receptor	F _r	dB	6	6	6	6	6	6
Ancho de banda de ruido equivalente	B	MHz	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
Potencia de ruido en la entrada del receptor	P _n	dBW	-136,10	-136,10	-136,10	-136,10	-136,10	-136,10
Mínima potencia de la señal en la entrada del receptor	P _{s,min}	dBW	-123,50	-124,20	-124,20	-124,20	-124,20	-123,50
Mínima tensión equivalente en la entrada del receptor, 75Ω	U _{min}	dBμV	15,25	14,55	14,55	14,55	14,55	15,25
Pérdida del conector	L _f	dB	0	0	0	0	0	0
Ganancia de antena respecto al dipolo de media onda	G _d	dB	-5	-8	-8	-13	-13	-13
Apertura de antena efectiva	A _a	dBm ²	-10,32	-13,32	-13,32	-18,32	-18,32	-18,32
Mínima densidad de flujo de potencia en el emplazamiento receptor	F _{min}	dB(W)/m ²	113,18	-110,88	-110,88	-105,88	-105,88	-105,18
Mínima intensidad de campo equivalente en el emplazamiento receptor	E _{min}	dBμV/m	32,62	34,92	34,92	39,92	39,92	40,62
Tolerancia al ruido artificial	P _{mmn}	dB	0,90	1,50	5,30	0,50	2,40	0,20
Pérdida de penetración (inmueble o vehículo)	L _b , L _v	dB	0	0	10,50	0	10,50	8
Desviación normal de la pérdida de penetración		dB	0	0	8,20	0	8,20	2
Probabilidad de emplazamiento		%	90	70	70	70	70	90
Factor de distribución			1,28	0,52	0,52	0,52	0,52	1,28
Desviación típica ⁴			4	4	9,12	4	9,12	4,47
Factor de corrección de emplazamiento	C ₁	dB	5,12	2,08	4,74	2,08	4,74	5,72
Mínima densidad de flujo de potencia media a 1,5 m de altura; 50% tiempo y 50% emplazamientos (para una probabilidad de 90 o 70%, según el caso)	Φ _{med}	dB(W)/m ²	-107,16	-107,30	-90,34	-103,30	-88,24	-91,26
Mínima intensidad de campo equivalente media a 1,5 m de altura; 50% tiempo y 50% emplazamientos (para una probabilidad de 90 o 70%, según el caso)	E _{med}	dBμV/m	38,64	38,50	55,46	42,50	57,56	54,54

⁴ Los valores mínimos de la intensidad de campo mediana calculados utilizan una desviación típica de 4 dB como valor representativo. Sin embargo, al hacer predicciones de la intensidad de campo para un determinado píxel, se sugiere añadir el error de predicción y, por lo tanto, utilizar un valor de desviación típica de 5,5 dB (véase § 9.2).

CUADRO 8
DAB+ en la Banda III

			1. (MO) Móvil/rural	2. (PO) Portátil exteriores /suburbano	3. (PI) Portátil exteriores /urbano	4. (PO-H/Ext) Portátil de bolsillo exteriores/suburbano /antena externa	5. (PI-H/Ext) Portátil de bolsillo interiores/urbano /antena externa	6. (MO-H/Ext) Móvil de bolsillo / rural/antena externa
Probabilidad de emplazamiento		%	99	95	95	95	95	99
Factor de distribución			2,33	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Desviación típica			4	4	9,12	4,00	9,12	4,47
Factor de corrección de emplazamiento	C_i	dB	9,32	6,56	14,96	6,56	14,96	10,42
Mínima densidad de flujo de potencia media a 1,5 m de altura; 50% tiempo y 50% emplazamientos (para una probabilidad de 99 o 95%, según el caso)	Φ_{med}	dB(W)/m ²	-102,96	-102,82	-80,12	-98,82	-78,02	-86,57
Mínima intensidad de campo equivalente media a 1,5 m de altura; 50% tiempo y 50% emplazamientos (para una probabilidad de 99 o 95%, según el caso)	E_{med}	dBμV/m	42,84	42,98	65,68	46,98	67,78	59,23

11.2 Relaciones de protección

11.2.1 DAB respecto de DAB

11.2.1.1 Relaciones de protección cocanal

Para planificar servicios DAB en el mismo bloque de canales o frecuencias se recurre a la relación de protección (PR) de la interferencia cocanal (CCI). La PR está en la gama 10 - 14 dB con un promedio de 12 dB.

11.2.1.2 Protección de canales adyacentes

La utilización de relaciones de protección para canales adyacentes es muy importante, por cuanto afectan sobremanera al diseño de la red DAB, en particular cuando se añaden otros servicios no coubicados en una frecuencia adyacente. La introducción de un nuevo transmisor en una red puede causar interferencia no sólo a la utilización cocanal en otros lugares, sino también interferencia al canal adyacente (ACI) en su proximidad.

En caso de que se utilice la máscara espectral esencial, las relaciones de protección de canal adyacente utilizadas para la planificación deberán basarse en los valores del Cuadro 9.

CUADRO 9

**Relaciones de protección de canales adyacentes propuestas
(junto con su máscara esencial)**

Bloque DAB interferente	Relación de protección (dB)
$N \pm 1$	-40
$N \pm 2$	-45
$N \pm 3$	-45

11.2.2 DAB respecto de otros sistemas de radiodifusión y ajenos a la radiodifusión

11.2.2.1 Consideraciones generales

Las relaciones de protección de DAB respecto de otros sistemas de radiodifusión y ajenos a la radiodifusión se describen en detalle en diversos documentos del UIT-R. En Europa, una excepción relevante es la DVB-T2, dado que se trata de un sistema relativamente nuevo para el que se ha realizado muy pocas o ninguna medición.

La situación es diferente en el caso de DAB+. Aparte de las mediciones dentro del sistema (DAB+ respecto de DAB+), prácticamente no se dispone de cifras sobre las relaciones de protección de DAB+ respecto de otros sistemas de radiodifusión y ajenos a la radiodifusión.

Sin embargo, esto no es muy importante, ya que en la mayoría de los casos es posible realizar una extrapolación de la DAB a la DAB+, así como una extrapolación de la DVB-T a la DVB-T2. Las ideas básicas para estas extrapolaciones son las siguientes:

- Todos los casos en que la DAB+ causa interferencia a otros sistemas de radiodifusión o de otro tipo pueden tratarse de la misma manera que DAB, ya que tanto la DAB como la DAB+ tienen las mismas características de RF, siendo interferentes MDFO, con idéntico ancho de banda, la misma estructura de portadora, etc.

- b) En el caso de DVB T2 interferida por DAB/DAB+, se propone utilizar las relaciones de protección del modo DVB-T correspondiente (tipo de modulación + velocidad de codificación); en este caso, por correspondiente se entiende que tiene el mismo (o similar) valor de C/N .
- c) Para la DAB+ interferida por DVB-T/DVB-T2, se propone utilizar la relación C/N de DAB+ respecto de DAB+ menos 6 dB, ya que la relación entre los anchos de banda de DAB+ y de DVB-T/T2 es de 1/4.
Los canales DAB+ y DVB T/T2 que no se superponen completamente deben tratarse de acuerdo con los Cuadros A.3.3 13/14 de la GE06.
- d) En el caso de DAB+ interferida por otros servicios, se propone utilizar el siguiente procedimiento:
La relación de protección para DAB respecto de otros servicios (OS) es: PR_{DAB-OS} , así como C/N de la DAB: C/N_{DAB} .
Estos valores pueden tomarse del Acuerdo GE06; por lo general, se selecciona el modo DAB 'Nivel de protección 3'.

Se define el valor $\Delta_{OS} = C/N_{DAB} - PR_{DAB-OS}$.

Se supone que Δ_{OS} es representativo para todos los niveles de protección, también para la DAB+.

La relación de protección para DAB+ que recibe interferencia por otros sistemas (OS) viene dada por la expresión:

$$PR_{DAB+OS} = C/N_{DAB+} - \Delta_{OS}$$

Este es un procedimiento pragmático y cualitativo, dado que no se dispone de resultados de medición. En el futuro podrá reemplazarse por otro cuando se disponga de resultados de las mediciones DAB+.

11.2.2.2 DAB respecto de DVB-T/T2

Las relaciones de protección para la DAB respecto de DVB-T figuran en el Apéndice 3.3 al Anexo 2 del GE06, Cuadros A.3.3-13 - 22.

Las relaciones de protección para la DAB respecto de DVB-T2 y DAB+ respecto de DVB-T/T2 pueden obtenerse aplicando el procedimiento descrito en § 11.2.1.

11.2.2.3 DAB respecto de otros servicios

Las relaciones de protección para la DAB respecto de otros servicios figuran en el Apéndice 4.3 al Anexo 2 del GE06, Cuadros A.4.3-2 a A.4.3-5.

Las relaciones de protección para la DAB+ respecto de otros servicios pueden obtenerse aplicando el procedimiento descrito en § 11.2.2.1.

12 Emisiones no deseadas

12.1 Máscara espectral para emisiones de la T-DAB fuera de banda

Fuera del espectro COFDM de 1,5 MHz, la señal contiene bandas laterales naturales, atenuadas con respecto a la señal principal en unos 40-50 dB. Aunque se emplea un grado de linealidad alto, los amplificadores de potencia comúnmente utilizados generan productos de intermodulación que aumentan el nivel de las bandas laterales, en algunos casos hasta sólo 30 dB por debajo de la señal principal. Estas bandas laterales no son deseadas, se consideran señales no esenciales y, en la medida de lo posible, deberían suprimirse para permitir un uso óptimo del espectro de frecuencias. Esta atenuación (también llamada atenuación del flanco) es importante porque permite utilizar bloques de frecuencias DAB adyacentes en zonas de servicio adyacentes.

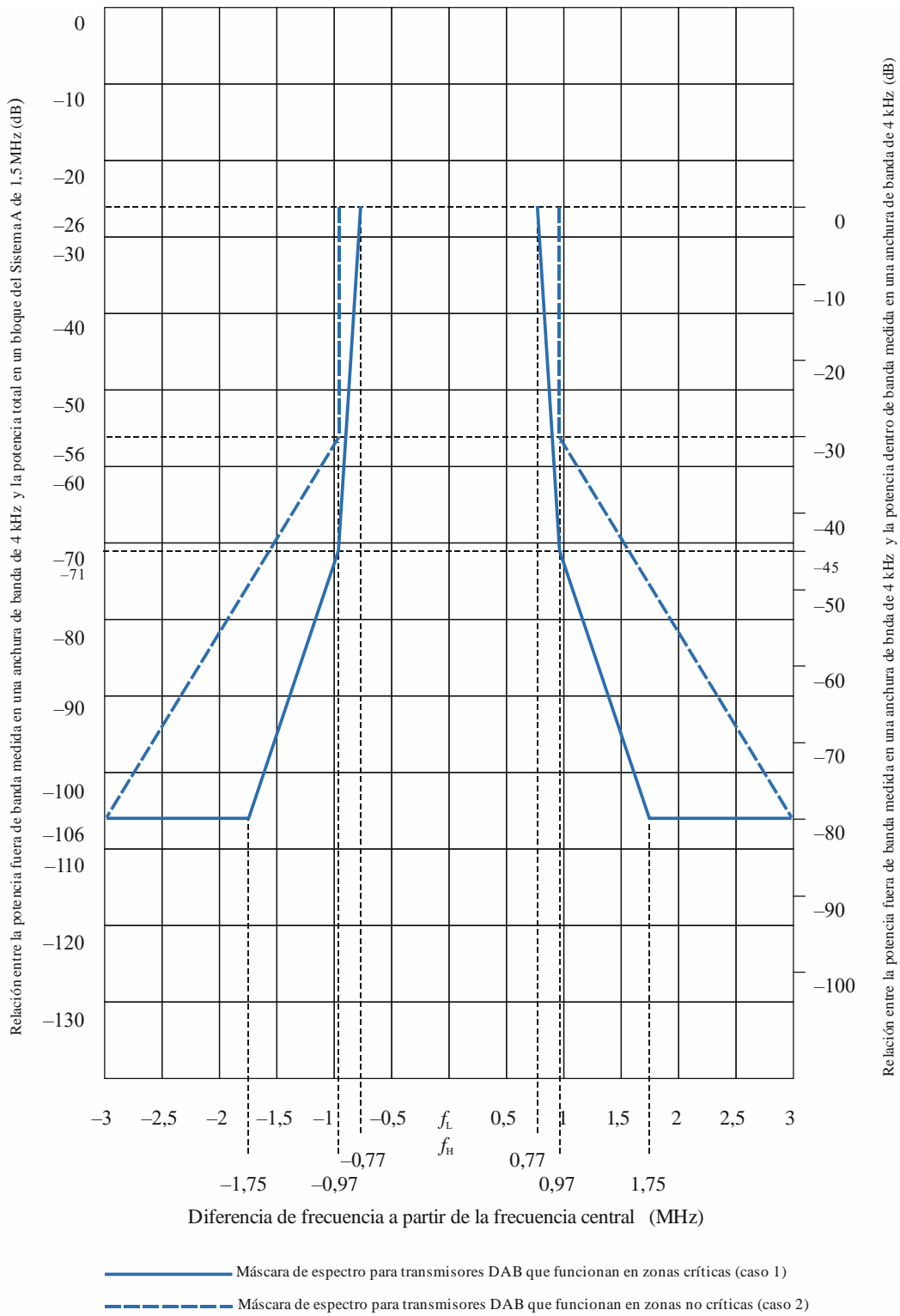
El espectro de la señal DAB se mide en un ancho de banda de 4 kHz. Dentro del bloque de 1,5 MHz, el nivel de potencia se reduce por tanto en $(10 \times \log_{10}(4 / 1536))$ dB = -26 dB en relación con la potencia total de la señal. La atenuación (del flanco) de las bandas laterales (señales fuera de banda) se expresa en dB con respecto a este valor.

El espectro de señal radiada fuera de banda en cualquier banda de 4 kHz se limitará por una de las máscaras definidas en la Figura 1 y en el Cuadro 10. La máscara de línea sólida se aplicará a los transmisores DAB en zonas esenciales para la interferencia de canal adyacente. La máscara de línea discontinua se aplicará a los transmisores DAB en otras circunstancias para suprimir la interferencia del canal adyacente.

NOTA – Con el aumento de la diferencia de frecuencia, la atenuación aumentará aún más. Sin embargo, es difícil medir valores tan altos de la atenuación. Para facilitar las mediciones, podría ser necesario utilizar filtros supresores especiales (por ejemplo, en la frecuencia de socorro 243 MHz).

FIGURA 1

Máscaras espectrales para la radiación DAB fuera de banda



CUADRO 10

Puntos de corte para las máscaras espectrales de la Fig. 1

Frecuencia relativa a la frecuencia central del bloque (MHz)	Caso 1 (casos críticos) nivel relativo (dB)	Case 2 (casos no críticos) nivel relativo (dB)
±0,77	-26	-26
±0,97	-71	-56
±1,75	-106	n.a.
±3,00	-106	-106

Bibliografía

ETSI Specification EN 30x0 401 – Radio broadcasting systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers.

Anexo 2**Bases técnicas para la planificación del Sistema F de radiodifusión sonora digital terrenal (RDSI-T_{SB}) en las bandas de ondas métricas****1 Consideraciones generales**

El presente Anexo describe los criterios de planificación para el Sistema Digital F (RDSI-T_{SB}) en la banda de ondas métricas. Al Sistema F puede asignársele la disposición de canales de televisión de 6 MHz, 7 MHz u 8 MHz. La anchura de banda del segmento se define como 1/14 de la anchura de banda de canal, por consiguiente, es de 429 kHz (6/14 MHz), 500 kHz (7/14 MHz) o 571 kHz (8/14 MHz). Sin embargo, esta anchura de banda debe seleccionarse de conformidad con la situación de las frecuencias en cada país.

2 Máscaras de espectro para emisiones fuera de banda

El espectro de la señal radiada debe venir limitado por la máscara de espectro. El Cuadro 11 define los puntos críticos de la máscara de espectro para una transmisión con n segmentos de 6/14 MHz, 7/14 MHz y 8/14 MHz. La máscara de espectro se define como el valor relativo de la potencia media a cada frecuencia. La Figura 2 representa la máscara de espectro para una transmisión de 3 segmentos en el sistema de segmento 6/14 MHz.

CUADRO 11

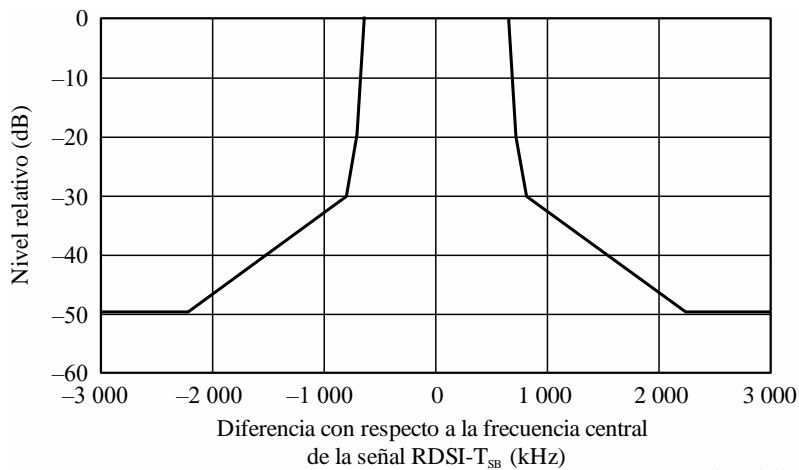
Puntos críticos de la máscara de espectro
(anchura de banda del segmento (BW) = 6/14, 7/14 u 8/14 MHz)

Diferencia con respecto a la frecuencia central de la señal sonora digital terrenal	Nivel relativo (dB)
$\pm \left(\frac{BW \times n}{2} + \frac{BW}{216} \right)$ MHz	0
$\pm \left(\frac{BW \times n}{2} + \frac{BW}{216} + \frac{BW}{6} \right)$ MHz	-20
$\pm \left(\frac{BW \times n}{2} + \frac{BW}{216} + \frac{BW}{3} \right)$ MHz	-30
$\pm \left(\frac{BW \times n}{2} + \frac{BW}{216} + \frac{11 \times BW}{3} \right)$ MHz	-50

n : Número de segmentos consecutivos.

FIGURA 2

Máscara de espectro para una señal de transmisión RDSI-T_{SB}
(BW = 6/14 MHz, $n = 3$)



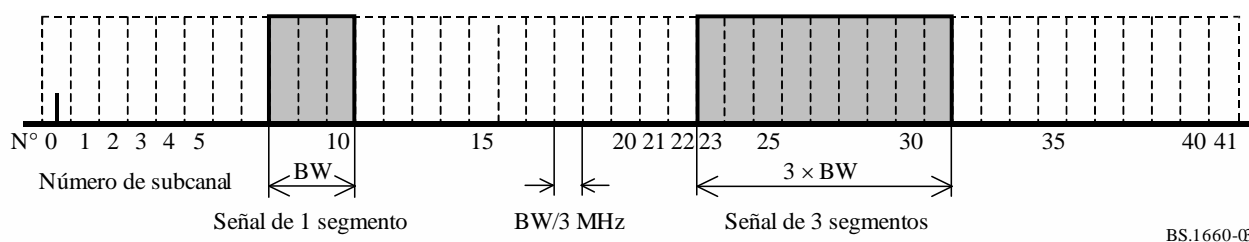
BS.1660-02

3 Condición de frecuencia

3.1 Definición de subcanal

Para indicar la posición de frecuencia de la señal RDSI-T_{SB}, cada segmento se numera utilizando un número de subcanal de 0 a 41. El subcanal se define como 1/3 de la BW (véase la Fig. 3). Por ejemplo, las posiciones de frecuencia de la señal de 1 segmento y 3 segmentos mostrados en la Fig. 3 se definen como los subcanales 9° y 27°, respectivamente, en el canal de televisión analógica.

FIGURA 3
Definición de subcanal

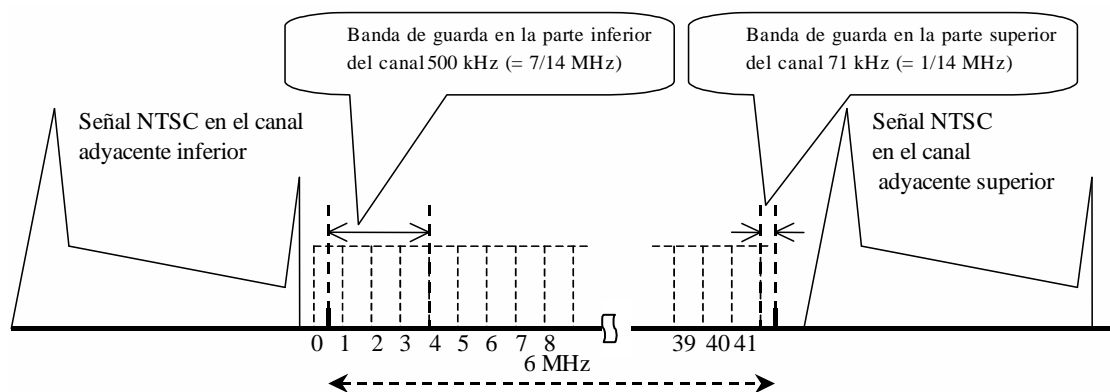


BS.1660-08

3.2 Bandas de guarda

A partir de los resultados de la evaluación subjetiva realizada sobre una señal NTSC interferida por la RDSI-T_{SB}, se determinan las bandas de guarda a ambos lados de la señal NTSC. Como muestra la Fig. 9, las bandas de guarda son de 500 kHz (= 7/14 MHz) en la parte inferior del canal y 71 kHz (=1/14 MHz) en la parte superior del canal. En consecuencia, para la radiodifusión sonora digital pueden utilizarse los subcanales números 4 a 41. En un canal de televisión de 6 MHz, pueden atribuirse un máximo de 12 segmentos, excluyendo las bandas de guarda.

FIGURA 4
Bandas de guarda que coexisten con una señal de televisión analógica adyacente



BS.1660-04

4 Mínima intensidad de campo utilizable

El Cuadro 12 presenta los balances del enlace para los tres casos de recepción fija, portátil y móvil a las frecuencias de 100 MHz y 200 MHz. Las intensidades de campo necesarias para los casos de un segmento y 3 segmentos se describen en las filas 22 y 24 respectivamente. Los valores se refieren al caso de un sistema de segmentos de 6/14 MHz y pueden convertirse al caso de sistemas de segmentos de 7/14 MHz u 8/14 MHz según la anchura de banda.

CUADRO 12

Balances del enlace para RDSI-T_{SB}
a) 100 MHz

	Elemento	Recepción móvil			Recepción portátil			Recepción fija		
		100			100			100		
	Frecuencia (MHz)	MDP-4 D	MDP-4 D	MAQ-16	MDP-4 D	MDP-4 D	MAQ-16	MDP-4 D	MDP-4 D	MAQ-16
	Esquema de modulación									
	Tasa de codificación del código interno	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2
1	<i>C/N</i> necesaria casi sin errores (QEF) tras corrección de errores (dB)	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5
2	Degradación de realización (dB)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	Margen de interferencia (dB)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	Margen multirayecto (dB)	–	–	–	1	1	1	1	1	1
5	Margen de desvanecimiento (corrección de fluctuación temporal) (dB)	9,4	9,4	8,1	–	–	–	–	–	–
6	<i>C/N</i> necesaria en el receptor (dB)	18,3	20	23,6	9,9	11,6	16,5	9,9	11,6	16,5
7	Factor de ruido del receptor, <i>N_F</i> (dB)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	Anchura de banda de ruido (1 segmento), <i>B</i> (kHz)	429	429	429	429	429	429	429	429	429
9	Potencia de ruido intrínseco en el receptor, <i>N_r</i> (dBm)	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7
10	Potencia de ruido externo en el terminal de entrada del receptor, <i>N₀</i> (dBm)	–98,1	–98,1	–98,1	–98,1	–98,1	–98,1	–99,1	–99,1	–99,1
11	Potencia total de ruido del receptor, <i>N_t</i> (dBm)	–98,0	–98,0	–98,0	–98,0	–98,0	–98,0	–98,9	–98,9	–98,9
12	Pérdidas en el alimentador, <i>L</i> (dB)	1	1	1	1	1	1	2	2	2
13	Mínima potencia utilizable a la entrada del receptor (dBm)	–79,7	–78,0	–74,4	–88,1	–86,4	–81,5	–89,0	–87,3	–82,4
14	Ganancia de la antena del receptor, <i>G_r</i> (dBi)	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85
15	Abertura efectiva de la antena (dB/m ²)	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3
16	Mínima intensidad de campo utilizable, <i>E_{min}</i> (dB(μV/m))	39,4	41,1	44,7	31,0	32,7	37,6	31,1	32,8	37,7
17	Corrección de la tasa de tiempo (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	4,3	4,3
18	Corrección de la tasa de emplazamientos (dB)	12,8	12,8	12,8	2,9	2,9	2,9	–	–	–

CUADRO 12 (continuación)

	Elemento	Recepción móvil			Recepción portátil			Recepción fija		
	Frecuencia (MHz)	100			100			100		
19	Pérdidas de penetración en los muros (dB)	–	–	–	10,1	10,1	10,1	–	–	–
20	Intensidad de campo requerida (1 segmento) en la antena, E (dB(μ V/m))	52,2	53,9	57,5	44,0	45,7	50,6	35,4	37,1	42,0
	Altura de antena supuesta, h_2 (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4,0	4,0	4,0
21	Corrección de altura a 10 m (dB)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	7,0	7,0	7,0
22	Intensidad de campo requerida (1 segmento, $h_2 = 10$ m), E (dB(μ V/m))	62,2	63,9	67,5	54,0	55,7	60,6	42,4	44,1	49,0
23	Conversión de 1 segmento a 3 segmentos (dB)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
24	Intensidad de campo requerida (3 segmentos, $h_2 = 10$ m), E (dB(μ V/m))	67,0	68,7	72,3	58,8	60,5	65,4	47,2	48,9	53,8

b) 200 MHz

	Elemento	Recepción móvil			Recepción portátil			Recepción fija		
	Frecuencia (MHz)	200			200			200		
	Esquema de modulación	MDP-4 D	MAQ-16	MAQ-64	MDP-4 D	MAQ-16	MAQ-64	MDP-4 D	MAQ-16	MAQ-64
	Tasa de codificación del código interno	1/2	1/2	7/8	1/2	1/2	7/8	1/2	1/2	7/8
1	C/N necesaria casi sin errores (QEF) tras corrección de errores (dB)	6,2	11,5	22,0	6,2	11,5	22,0	6,2	11,5	22,0
2	Degradación de realización (dB)	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0
3	Margen de interferencia (dB)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
4	Margen multirayecto (dB)	–	–	–	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
5	Margen de desvanecimiento (corrección de fluctuación temporal) (dB)	9,5	8,1	(1)	–	–	–	–	–	–
6	C/N necesaria en el receptor (dB)	19,7	23,6	(1)	11,2	16,5	28,0	11,2	16,5	28,0
7	Factor de ruido del receptor, NF (dB)	5	5	–	5	5	5	5	5	5
8	Anchura de banda de ruido (1 segmento), B (kHz)	429	429	–	429	429	429	429	429	429

CUADRO 12 (continuación)

	Elemento	Recepción móvil			Recepción portátil			Recepción fija		
	Frecuencia (MHz)	200			200			200		
9	Potencia de ruido intrínseco en el receptor, N_r (dBm)	-112,7	-112,7	-	-112,7	-112,7	-112,7	-112,7	-112,7	-112,7
10	Potencia de ruido externo en el terminal de entrada del receptor, N_0 (dBm)	-107,4	-107,4	-	-107,4	-107,4	-107,4	-107,4	-107,4	-107,4
11	Potencia total de ruido del receptor, N_r (dBm)	-106,3	-106,3	-	-106,3	-106,3	-106,3	-106,3	-106,3	-106,3
12	Pérdidas en el alimentador, L (dB)	2,0	2,0	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
13	Mínima potencia utilizable a la entrada del receptor (dBm)	-86,6	-82,7	-	-95,1	-89,8	-78,3	-95,1	-89,8	-78,3
14	Ganancia de la antena del receptor, G_r (dBi)	-0,85	-0,85	-	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
15	Abertura efectiva de la antena (dB/m^2)	-8,3	-8,3	-	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3
16	Mínima intensidad de campo utilizable, $E_{\text{mín}}$ ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$)	39,5	43,4	-	31,0	36,3	47,8	31,0	36,3	47,8
17	Corrección de la tasa de tiempo (dB)	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	6,2	6,2	6,2
18	Corrección de la tasa de emplazamientos (dB)	12,8	12,8	-	2,9	2,9	2,9	-	-	-
19	Pérdidas de penetración en los muros (dB)	-	-	-	10,1	10,1	10,1	-	-	-
20	Intensidad de campo requerida (1 segmento) en la antena, E ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$)	52,3	56,2	-	44,0	49,3	60,8	37,2	42,5	54,0
	Altura de antena supuesta, h_2 (m)	1,5	1,5	-	1,5	1,5	1,5	4	4	4
21	Corrección de altura a 10 m (dB)	12	12	-	12	12	12	10	10	10
22	Intensidad de campo requerida (1 segmento, $h_2 = 10$ m), E ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$)	64,3	68,2	-	56,0	61,3	72,8	47,2	52,5	64,0
23	Conversión de 1 segmento a 3 segmentos (dB)	4,8	4,8	-	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8

CUADRO 12 (continuación)

	Elemento	Recepción móvil			Recepción portátil			Recepción fija		
	Frecuencia (MHz)	200			200			200		
24	Intensidad de campo requerida (3 segmentos, $h_2 = 10$ m), E (dB(μ V/m))	69,1	73,0	–	60,8	66,1	77,6	52,0	57,3	68,8

⁽¹⁾ No se utiliza en un entorno con desvanecimiento.

1) C/N necesaria

En el Cuadro 13 aparecen los valores de C/N necesarios para distintos esquemas de modulación y tasas de codificación.

CUADRO 13
 C/N requerida

Modulación	Tasa de codificación para codificación convolucional				
	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
MDP-4 D	6,2 dB	7,7 dB	8,7 dB	9,6 dB	10,4 dB
MDP-4	4,9 dB	6,6 dB	7,5 dB	8,5 dB	9,1 dB
MAQ-16	11,5 dB	13,5 dB	14,6 dB	15,6 dB	16,2 dB
MAQ-64	16,5 dB	18,7 dB	20,1 dB	21,3 dB	22,0 dB

2) Degradación de realización

Se trata de la cantidad de degradación C/N equivalente que cabe esperar en la realización de los equipos.

3) Margen de interferencia

Es el margen de la degradación C/N equivalente causado por la interferencia procedente de la radiodifusión analógica y de otros sistemas, etc.

NOTA – La propagación a gran distancia por trayectos marítimos u otros entornos puede provocar interferencia en algunos casos. Aunque no es práctico incluir estos casos especiales en el cálculo de los balances del enlace, conviene prestar atención a este tipo de interferencia.

4) Margen multitrayecto para recepción portátil o recepción fija

Es el margen de la degradación C/N equivalente causado por la interferencia multitrayecto.

5) Margen de desvanecimiento para recepción móvil

Se trata de la degradación C/N equivalente causada por la fluctuación temporal que sufre la intensidad de campo.

La C/N requerida en el canal con desvanecimiento aparece en el Cuadro 14. Los márgenes de desvanecimiento figuran en el Cuadro 15.

CUADRO 14

C/N requerida**(Modo 3, 1/16 de guarda y modelo de desvanecimiento urbano típico GSM)**

Modulación	Tasa de codificación	Ruido gaussiano (dB)	Máxima frecuencia Doppler (f_D) ⁽¹⁾		
			2 Hz	7 Hz	20 Hz
MDP-4 D	1/2	6,2	15,7 dB	11,4 dB	9,9 dB
MDP-4	1/2	4,9	14,3 dB	10,8 dB	10,4 dB
MAQ-16	1/2	11,5	19,6 dB	17,4 dB	19,1 dB
MAQ-64	1/2	16,5	24,9 dB	22,9 dB	>35 dB

⁽¹⁾ Cuando la velocidad del vehículo es de 100 km/h, la máxima frecuencia Doppler puede alcanzar un valor de hasta 20 Hz en el canal superior de la banda de ondas métricas (170-220 MHz).

CUADRO 15

Márgenes de desvanecimiento**(Margen de fluctuación temporal de la intensidad de campo)**

Modulación	Tasa de codificación	Canal alto de ondas métricas (hasta $f_D = 20$ Hz) (dB)
MDP-4 D	1/2	9,5
MDP-4	1/2	9,4
MAQ-16	1/2	8,1
MAQ-64	1/2	—

6) C/N necesaria en el receptor

= (1: C/N requerida) + (2: degradación de realización) + (3: margen de interferencia) + (4: margen multitrayecto) + (5: margen de desvanecimiento).

7) Factor de ruido del receptor, NF

= 5 dB.

8) Anchura de banda de ruido, B

= anchura de banda de transmisión de la señal de 1 segmento.

9) Potencia de ruido térmico del receptor, N_r

= $10 \times \log(k T B) + NF$

$k = 1,38 \times 10^{-23}$ (constante de Boltzmann), $T = 290$ K.

10) Potencia de ruido externo, N_0

La potencia de ruido externo (en una antena sin pérdidas) en la anchura de banda de un segmento, basándose en los valores medianos de la potencia de ruido artificial para la categoría comercial (Curva A) en la Recomendación UIT-R P.372 para cada una de las frecuencias de 100 MHz y 200 MHz es la siguiente:

$$N_0 = -96,3 \text{ dBm} - (12: \text{p\u00e9rdidas en el alimentador}) + G_{cor} \text{ para } 100 \text{ MHz},$$

$$N_0 = -104,6 \text{ dBm} - (12: \text{p\u00e9rdidas en el alimentador}) + G_{cor} \text{ para } 200 \text{ MHz},$$

$$G_{cor} = G_r (G_r < 0), 0 (G_r > 0).$$

NOTA – G_{cor} es un factor de correcci\u00f3n para la potencia de ruido externo recibido por una antena receptora. Una antena receptora con una ganancia negativa ($G_r < 0$) recibe tanto las se\u00f1ales deseadas como el ruido externo con la ganancia negativa ($G_{cor} = G_r$). Por otro lado, una antena receptora con ganancia positiva ($G_r > 0$) recibe las se\u00f1ales deseadas en la direcci\u00f3n del haz principal con la ganancia positiva pero recibe el ruido externo de forma omnidireccional sin ganancia ($G_{cor} = 0$).

11) Potencia total de ruido del receptor, N_t

= la suma de potencias de (9: potencia de ruido intr\u00ednseco del receptor) y (10: potencia de ruido externo en el terminal de entrada del receptor)

$$= 10 \times \log (10^{(N_r/10)} + 10^{(N_0/10)}).$$

12) P\u00e9rdidas en el alimentador, L

$L = 1 \text{ dB}$ a 100 MHz para recepci\u00f3n m\u00f3vil y port\u00e1til

$L = 2 \text{ dB}$ a 100 MHz para recepci\u00f3n fija

$L = 2 \text{ dB}$ a 200 MHz para recepci\u00f3n m\u00f3vil, port\u00e1til y fija.

13) M\u00ednima potencia utilizable a la entrada del receptor

= (6: C/N necesaria del receptor) + (11: potencia total de ruido del receptor)

$$= C/N + N_t$$

14) Ganancia de la antena del receptor, G_r

= $-0,85 \text{ dBi}$, suponiendo una antena monopolo de $\lambda/4$.

15) Abertura efectiva de la antena

= $10 \times \log (\lambda^2/4\pi) + (14: \text{ganancia de la antena de recepci\u00f3n}) \text{ (dBi)}$.

16) M\u00ednima intensidad de campo utilizable, $E_{m\u00edn}$

= (12: p\u00e9rdidas en el alimentador) + (13: m\u00ednima potencia a la entrada del receptor) – (15: apertura efectiva de la antena) + 115,8 (conversi\u00f3n de dfp (dBm/m^2) a intensidad de campo ($\text{dB}(\mu\text{V/m})$)).

17) Correcci\u00f3n de la tasa de tiempo

Para la recepci\u00f3n fija, el valor de correcci\u00f3n de tasa de tiempo viene determinado por la Recomendaci\u00f3n UIT-R P.1546. El valor desde el 50% al 1% es 4,3 dB a 100 MHz y 6,2 dB a 200 MHz, respectivamente. La condici\u00f3n de propagaci\u00f3n es la siguiente:

Trayecto:	trayectos terrestres
Altura de la antena transmisora/de base:	250 m
Distancia:	70 km.

18) Correcci\u00f3n de la tasa de emplazamientos

De acuerdo con la Recomendaci\u00f3n UIT-R P.1546, la desviaci\u00f3n t\u00edpica de la variaci\u00f3n con los emplazamientos, σ , es de 5,5 dB para la se\u00f1al de radiodifusi\u00f3n digital.

En el caso de recepción móvil, el valor de corrección de emplazamiento del 50% al 99%⁵ es 12,9 dB ($2,33 \sigma$).

En el caso de recepción portátil, el valor de corrección de emplazamiento del 50% al 70%¹ es 2,9 dB ($0,53 \sigma$).

19) Pérdidas de penetración en los muros

Para la recepción en interiores, debe considerarse la pérdida que sufre la señal debido a que atraviesa las paredes. Las pérdidas de penetración medias son de 8 dB con una desviación típica de 4 dB. Suponiendo una tasa de emplazamientos del 70% ($0,53 \sigma$) para receptores portátiles, el valor obtenido es el siguiente.

$$= 8 \text{ dB} + 0,53 \times 4 \text{ dB} = 10,1 \text{ dB}.$$

20) Intensidad de campo requerida en la antena

= (16: mínima intensidad de campo, $E_{\text{mín}}$) + (17: corrección de la tasa de tiempo) + (18: corrección de la tasa de emplazamientos) + (19: pérdidas de penetración en los muros).

21) Corrección de altura

De acuerdo con la Recomendación UIT-R P.1546, los valores de corrección de altura se obtienen como se indica en el Cuadro 16.

CUADRO 16

Valores de corrección de altura a) Entorno suburbano, 100 MHz

	4 m sobre el nivel del suelo (dB)	1,5 m sobre el nivel del suelo (dB)
Diferencia con la intensidad de campo que se obtendría para una altura de 10 m sobre el nivel del suelo	-7	-10

b) Entorno suburbano, 200 MHz

	4 m sobre el nivel del suelo (dB)	1,5 m sobre el nivel del suelo (dB)
Diferencia con la intensidad de campo que se obtendría para una altura de 10 m sobre el nivel del suelo	-10	-12

22) Intensidad de campo requerida a una altura de recepción de 10 m sobre el nivel del suelo

= (20: intensidad de campo requerida en la antena) + (21: corrección de altura en recepción).

23) Conversión de señal de 1 segmento a señal de 3 segmentos

Valor de la conversión de la anchura de banda de ruido

⁵ Pueden utilizarse porcentajes distintos de acuerdo con los criterios de servicio en cada país.

$= 10 \times \log(3/1) = 4,8 \text{ dB.}$

24) Intensidad de campo requerida ($h_2 = 10 \text{ m}$) para una señal de 3 segmentos

= (22: intensidad de campo requerida ($h_2 = 10 \text{ m}$)) + (23: conversión de señal de 1 segmento a señal de 3 segmentos).

5 Protección de RDSI-T_{SB}

5.1 RDSI-T_{SB} interferida por RDSI-T_{SB}

5.1.1 D/U requerida con recepción fija

Se ha medido la D/U entre señales RDSI-T_{SB} de 1 segmento para una BER de 2×10^{-4} tras decodificar el código interno y los resultados se muestran para cada banda de guarda en el Cuadro 15. La banda de guarda significa una separación de frecuencias entre los bordes del espectro.

En el caso en que los espectros se superpongan entre sí, se considera que la interferencia es una interferencia cocanal.

CUADRO 17

D/U necesaria (dB) entre señales RDSI-T_{SB} de 1 segmento (recepción fija)

Modulación	Tasa de codificación	Cocanal	Banda de guarda (MHz)							
			0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 o superior
MDP-4 D	1/2	4	-15	-21	-25	-28	-29	-36	-41	-42
MAQ-16	1/2	11	-6	-12	-21	-24	-26	-33	-38	-39
MAQ-64	7/8	22	-4	-10	-10	-11	-13	-19	-23	-24

5.1.2 D/U requerida en recepción móvil

En recepción móvil, la desviación típica de la variación con los emplazamientos de una señal de radiodifusión digital es 5,5 dB, de acuerdo con la Recomendación UIT-R P.1546. Los valores de intensidad de campo para señales deseadas y no deseadas se supone que no guardan correlación. Para proteger las señales RDSI-T_{SB} deseadas en el 99% de emplazamientos contra la interferencia procedente de otras transmisiones RDSI-T_{SB}, el factor de corrección de propagación es 18 dB ($\approx 2,33 \times 5,5 \times 1,414$). La D/U incluidos los márgenes totales figura en el Cuadro 18.

CUADRO 18

D/U requerida (dB) entre señales RDSI-T_{SB} de 1 segmento (recepción móvil)

Modulación	Tasa de codificación	Cocanal	Banda de guarda (MHz)							
			0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 o superior
MDP-4 D	1/2	22	3	-3	-7	-10	-11	-18	-23	-24
MAQ-16	1/2	29	12	6	-3	-6	-8	-15	-20	-21

5.1.3 Relaciones de protección resultantes para RDSI-T_{SB} interferida por RDSI-T_{SB}

Las relaciones de protección se definen como los valores más elevados extraídos del Cuadro 17 y del Cuadro 18 que deben aplicarse a cualquier condición de recepción. Las relaciones de protección resultantes se muestran en el Cuadro 19.

CUADRO 19

Relaciones de protección para RDSI-T_{SB} interferida por RDSI-T_{SB}

Señal deseada	Interferencia		Relación de protección
	Señal interferente	Diferencia de frecuencias	
RDSI-T _{SB} (1 segmento)	RDSI-T _{SB} (1 segmento)	Cocanal	29 dB
		Adyacente	Cuadro 14
	RDSI-T _{SB} (3 segmentos)	Cocanal	24 dB
		Adyacente	Cuadro 14
RDSI-T _{SB} (3 segmentos)	RDSI-T _{SB} (1 segmento)	Cocanal	34 dB
		Adyacente	Cuadro 14
	RDSI-T _{SB} (3 segmentos)	Cocanal	29 dB
		Adyacente	Cuadro 14

NOTA – Para las relaciones de protección de RDSI-T_{SB}, se tiene en cuenta el margen de desvanecimiento para la recepción móvil. Los valores del cuadro incluyen un margen de desvanecimiento de 18 dB.

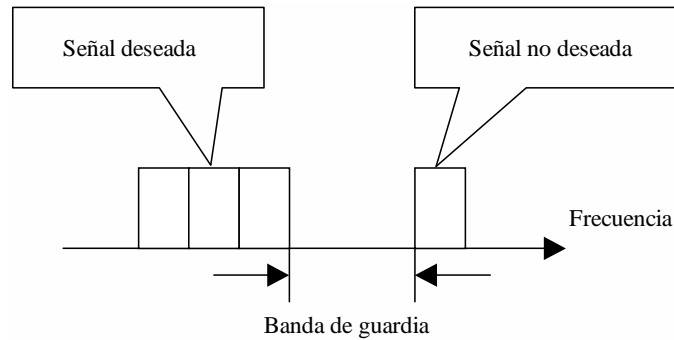
CUADRO 20

Relaciones de protección (dB) dependiendo de las bandas de guarda

Señal deseada	Señal interferente	Banda de guarda (MHz)							
		0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 o superior
RDSI-T _{SB} (1 segmento)	RDSI-T _{SB} (1 segmento)	12	6	-3	-6	-8	-15	-20	-21
	RDSI-T _{SB} (3 segmentos)	7	1	-8	-11	-13	-20	-25	-26
RDSI-T _{SB} (3 segmentos)	RDSI-T _{SB} (1 segmento)	17	11	2	-1	-3	-10	-15	-16
	RDSI-T _{SB} (3 segmentos)	12	6	-3	-6	-8	-15	-20	-21

NOTA 1 – Los valores del cuadro incluyen un margen de desvanecimiento de 18 dB. La banda de guarda entre señales RDSI-T_{SB} se muestra en la Fig. 5.

FIGURA 5
Banda de guarda y disposición de las señales



BS.166005

5.2 RDSI-T_{SB} interferida por la televisión analógica (NTSC)

5.2.1 *D/U* requerida en recepción fija

La *D/U* requerida para una señal RDSI-T_{SB} de 1 segmento interferida por una señal NTSC figura en el Cuadro 21. Los valores de *D/U* se miden para una BER de 2×10^{-4} tras decodificar el código interno. En la Fig. 4 aparecen las bandas de guarda entre una señal RDSI-T_{SB} y una señal NTSC en el caso de interferencia de canal adyacente.

CUADRO 21

D/U requerida para RDSI-T_{SB} de 1 segmento interferida por la televisión analógica (NTSC) (recepción fija)

Modulación	Tasa de codificación	Interferencia		
		Cocanal (dB)	Canal adyacente inferior (dB)	Canal adyacente superior (dB)
MDP-4 D	1/2	2	-57	-60
MAQ-16	1/2	5	-54	-56
MAQ-64	7/8	29	-38	-38

5.2.2 *D/U* requerida en recepción móvil

En recepción móvil, tanto la señal deseada como la señal interferente experimentan una fluctuación de la intensidad de campo debida al desvanecimiento Rayleigh. La desviación típica de la variación con los emplazamientos de la señal de radiodifusión sonora es de 5,5 dB y en el caso de la señal de radiodifusión analógica es de 8,3 dB, de acuerdo con la Recomendación UIT-R P.1546. Se supone que no hay correlación entre los valores de intensidad de campo para las señales deseada y no deseada. Para proteger las señales RDSI-T_{SB} deseadas en el 99% de los emplazamientos contra la interferencia procedente de señales NTSC se utiliza una corrección de propagación de 23 dB.

En el Cuadro 22 figuran los valores de D/U incluido el margen necesario para la recepción móvil.

CUADRO 22

D/U requerida para RDSI-T_{SB} de 1 segmento interferida por la televisión analógica (NTSC) (recepción móvil)

Modulación	Tasa de codificación	Interferencia		
		Cocanal (dB)	Canal adyacente inferior (dB)	Canal adyacente superior (dB)
MDP-4 D	1/2	25	-34	-37
MAQ-16	1/2	28	-31	-33

5.2.3 Relaciones de protección resultantes para RDSI-T_{SB} interferida por la televisión analógica (NTSC)

Las relaciones de protección se definen como los valores más elevados tomados de los Cuadros 21 y 22 que deben aplicarse a todas las condiciones de recepción. Para la transmisión de 3 segmentos, es necesario corregir las relaciones de protección en 5 dB ($\approx 4,8 \text{ dB} = 10 \times \log(3/1)$). Las relaciones de protección resultantes aparecen en el Cuadro 23.

CUADRO 23

Relaciones de protección para RDSI-T_{SB} interferida por la televisión analógica (NTSC)

Señal deseada	Interferencia		Relación de protección (dB)
	Señal interferente	Diferencia de frecuencias	
RDSI-T _{SB} (1 segmento)	NTSC	Cocanal	29
		Adyacente inferior	-31
		Adyacente superior	-33
RDSI-T _{SB} (3 segmentos)		Cocanal	34
		Adyacente inferior	-26
		Adyacente superior	-28

NOTA – En las relaciones de protección de señales RDSI-T_{SB}, se tiene en cuenta el margen de desvanecimiento para la recepción móvil. Los valores del cuadro incluyen un margen de desvanecimiento de 23 dB.

5.3 Televisión analógica (NTSC) interferida por RDSI-T_{SB}

Las relaciones de protección se definen como valores de D/U en los cuales las evaluaciones subjetivas han dado lugar a una nota de degradación de 4 (escala de degradación de 5 notas). Los experimentos de evaluación se realizaron de acuerdo con el método de escala de degradación de doble estímulo descrito en la Recomendación UIT-R BT.500.

En el caso de interferencia de canal adyacente, las bandas de guarda entre la señal NTSC y la señal RDSI-T_{SB} se muestran en la Fig. 4. Para la transmisión de 3 segmentos, es necesario corregir las relaciones de protección en 5 dB ($\approx 4,8 \text{ dB} = 10 \times \log(3/1)$). Las relaciones de protección resultantes se muestran en el Cuadro 24.

CUADRO 24

**Relaciones de protección para la televisión analógica (NTSC)
interferida por RDSI-T_{SB}**

Señal deseada	Interferencia		Relación de protección (dB)
	Señal interferente	Diferencia en frecuencias	
NTSC	RDSI-T _{SB} (1 segmento)	Cocanal	57
		Inferior adyacente	11
		Superior adyacente	11
		Canal imagen	-9
	RDSI-T _{SB} (3 segmentos)	Cocanal	52
		Adyacente inferior	6
		Adyacente superior	6
		Canal imagen	-14

5.4 RDSI-T_{SB} interferida por servicios distintos al de radiodifusión

La máxima densidad de campo interferente por debajo de 108 MHz para evitar la interferencia procedente de servicios distintos al de radiodifusión es la siguiente:

CUADRO 25

**Máxima densidad de intensidad de campo interferente interferida
por servicios distintos al de radiodifusión**

Parámetro	Valor	Unidad
Máxima densidad de intensidad de campo interferente	4,6	dB($\mu\text{V}/(\text{m} \cdot 100 \text{ kHz})$)

NOTA – Para su obtención, véase el Adjunto 1 al Anexo 2.

Adjunto 1 al Anexo 2

Obtención de la máxima densidad de intensidad de campo interferente interferida por servicios distintos al de radiodifusión

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Frecuencia	f	108	MHz
Anchura de banda	B	429×10^3	Hz
Ganancia de la antena receptora	G_r	-0,85	dB _i
Pérdidas en el alimentador	L	1	dB
Factor de ruido	NF	5	dB
Potencia de ruido intrínseca del receptor	N_r	-112,7	dBm
Valor mediano de la potencia de ruido artificial como se describe en el § 5 de la Recomendación UIT-R P.372-10	F_{am}	20,5	dB
Potencia de ruido externo a la entrada del receptor	N_0	-99,0	dBm
Potencia de ruido total en el receptor	N_t	-98,8	dBm
Abertura efectiva de la antena	A_{eff}	-3,0	dB · m ²
Intensidad de campo de ruido total	E_t	21,0	dB(μV/m)
Máxima intensidad de campo interferente (en 429 kHz)	E_i	11,0	dB(μV/m)
Máxima densidad de intensidad de campo interferente	E_{is}	4,6	dB(μV/(m · 100 kHz))

Potencia de ruido intrínseca del receptor:

$$N_r = 10 \times \log(kTB) + NF + 30 \quad (\text{dBm})$$

Valor mediano de la potencia de ruido artificial como se describe en el § 5 de la Recomendación UIT-R P.372-9:

$$F_{am} = c - d \times \log f \quad (\text{dB})$$

$$(c = 76,8 \text{ y } d = 27,7 \text{ para la zona urbana})$$

Potencia de ruido externo a la entrada del receptor:

$$N_0 = 10 \times \log(kTB) - L + 30 + F_{am} + G_{cor} \quad (\text{dBm})$$

$$G_{cor} = G_r (G_r < 0), 0 (G_r > 0)^6$$

⁶ G_{cor} es un factor de corrección para la potencia de ruido externo recibido por una antena receptora. Una antena receptora con una ganancia negativa ($G_r < 0$) recibe tanto las señales deseadas como el ruido externo con la ganancia negativa ($G_{cor} = G_r$). Por otro lado, una antena receptora con ganancia positiva ($G_r > 0$) recibe las señales deseadas en la dirección del haz principal con la ganancia positiva, pero recibe el ruido externo de forma omnidireccional sin ganancia ($G_{cor} = 0$).

Potencia de ruido total en el receptor:

$$N_t = 10 \times \log \left(10^{(N_r/10)} + 10^{(N_0/10)} \right) \quad (\text{dBm})$$

Abertura efectiva de la antena:

$$A_{eff} = 10 \times \log(\lambda^2/4\pi) + G_r \quad (\text{dB} \cdot \text{m}^2)$$

Intensidad de campo de ruido total:

$$E_t = L + N_t - A_{eff} + 115,8 \quad (\text{dB}(\mu\text{V/m}))$$

Máxima intensidad de campo interferente:

$$E_i = E_t + I/N \quad (\text{dB}(\mu\text{V/m}))$$

Datos:

k : constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

T : temperatura absoluta = 290 K

I/N : I/N para la compartición entre servicios = -10 (dB).

Anexo 3

Bases técnicas para la planificación del Sistema G de radiodifusión sonora digital terrenal (DRM) en las bandas de ondas métricas

1 Consideraciones generales

Este Anexo contiene los parámetros del sistema DRM pertinentes y los conceptos de red para la planificación de las redes de radiodifusión con DRM en todas las bandas de ondas métricas, considerando la frecuencia de 254 MHz como el límite superior internacional del espectro de radiodifusión en ondas métricas⁷.

Para calcular los parámetros de planificación pertinentes, se determina en primer lugar el mínimo valor mediano de la intensidad de campo y las relaciones de protección, las características del receptor y el transmisor, los parámetros del sistema y los aspectos de transmisión como base común para la planificación de la red de transmisión DRM concreta.

⁷ Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT para la Región 1, Nota **5.252**: en Botswana, Lesotho, Malawi, Mozambique, Namibia, Sudafricana (Rep.), Swazilandia, Zambia y Zimbabwe, las bandas 230-238 MHz y 246-254 MHz están atribuidas, a título primario, al servicio de radiodifusión, a reserva de obtener el acuerdo indicado en el número **9.21**.

2 Modos de recepción

2.1 Recepción fija

La recepción fija (FX) se define como una recepción en la que se utiliza una antena montada sobre el tejado. Se supone que las condiciones de recepción casi óptima (dentro de un volumen relativamente pequeño en el techo) aparecen una vez instalada la antena. En los cálculos de los niveles de intensidad de campo en recepción con antena fija, para el servicio de radiodifusión se considera representativa una altura de antena receptora de 10 m sobre el nivel del suelo.

Se supone una probabilidad de emplazamiento del 70% para obtener una buena situación de recepción.

2.2 Recepción portátil

En general, la recepción portátil se refiere a la utilización de un receptor portátil en exteriores o interiores situado a una altura de al menos 1,5 m sobre el nivel del suelo. Se supone una probabilidad de emplazamiento del 95% en zona suburbana para obtener una buena situación de recepción.

Se distinguen dos emplazamientos de recepción:

- La **recepción en interiores** se define mediante un receptor portátil con alimentación estacionaria y una antena incorporada (plegada) o con un conector para una antena exterior. El receptor se emplea en interiores a una altura de al menos 1,5 m sobre el nivel del suelo en salas situadas en la planta baja y con una ventana en un muro exterior. Se supone que las condiciones óptimas de recepción se obtienen desplazando la antena hasta 0,5 m en cualquier dirección y el receptor portátil no se desplaza durante la recepción ni tampoco los objetos de gran tamaño próximos al receptor.
- La **recepción en exteriores** se define como una recepción mediante un receptor portátil con alimentación por batería y una antena conectada o incorporada utilizada en exteriores a una altura no inferior a 1,5 m sobre el nivel del suelo.

En estos emplazamientos de recepción se distinguen a su vez dos condiciones de recepción opuestas debido a la gran variabilidad de las situaciones de recepción portátil con distintos tipos de receptor/antena y también diferentes condiciones de recepción aplicables:

- **Recepción portátil en exteriores (PO) y recepción portátil en interiores (PI):** Esta situación modela la recepción en zonas suburbanas con buenas condiciones de recepción para situaciones en exteriores e interiores, respectivamente, y un receptor con un diagrama de antena en ondas métricas omnidireccional.
- **Recepción manual portátil en exteriores (PO-H) y recepción manual portátil en interiores (PI-H):** Esta situación modela la recepción en zonas urbanas con malas condiciones de recepción y un receptor con una antena externa (por ejemplo, antena telescópica o el cable de los cascos cableados).

2.3 Recepción móvil

La recepción móvil (MO) se define como una recepción en zona rural con terreno escarpado mediante un receptor en movimiento a alta velocidad equipado con una antena adaptada situada al menos a 1,5 m sobre el nivel del suelo o del terreno.

3 Factores de corrección para las predicciones de intensidad de campo

Los valores del nivel de intensidad de campo deseada previstos en la Recomendación UIT-R P.1546-4 se refieren siempre al valor mediano en el emplazamiento de recepción con una antena receptora

situada a 10 m sobre el nivel del suelo. De no ser así, los valores de intensidad de campo deseada se predicen para la altura media de las construcciones o de la vegetación en el emplazamiento de recepción. A fin de tener en cuenta los diferentes modos y circunstancias de recepción en la planificación de la red, deben incluirse factores de corrección para convertir los mínimos niveles de intensidad de campo en los mínimos valores medianos del nivel de intensidad de campo con objeto de realizar las predicciones con arreglo a la Recomendación UIT-R P.1546-4.

3.1 Frecuencias de referencia

Los parámetros de planificación y los factores de corrección en este Documento se calculan para las frecuencias de referencia que figuran en el Cuadro 26.

CUADRO 26
Frecuencias de referencia para los cálculos

Banda de ondas métricas (gama de frecuencias)	I (47-68 MHz)	II (87,5-108 MHz)	III (174-230 MHz)
Frecuencia de referencia (MHz)	65	100	200

3.2 Ganancia de antena

La ganancia de antena G_D (dBd) se refiere a un dipolo de media longitud de onda y se indica para distintos modos de recepción en el Cuadro 27.

CUADRO 27
Ganancias de antena G_D

Frecuencia (MHz)		65	100	200
Ganancia de antena G_D	para recepción fija (FX) (dBd)	0	0	0
	para recepción portátil y móvil (PO, PI, MO) (dBd)	-2,2	-2,2	-2,2
	para recepción manual y portátil (PO-H, PI-H) (dBd)	-22,76	-19,02	-13,00

3.3 Pérdidas en el alimentador

Las pérdidas en el alimentador L_f expresan la atenuación que experimenta la señal en su recorrido desde la antena de recepción hasta la entrada de RF del receptor. L_f toma el valor de 2 dB para un cable de 10 m de longitud. Con este dato, puede calcularse la atenuación del cable dependiente de la frecuencia por unidad de longitud L'_f y aparece en el Cuadro 28.

CUADRO 28
Pérdidas en el alimentador L'_f por unidad de longitud

Frecuencia (MHz)	65	100	200
Pérdidas en el alimentador L'_f por unidad de longitud (dB/m)	0,11	0,14	0,2

La longitud del cable l para los distintos modos de recepción figura en el Cuadro 29 y las pérdidas en el alimentador calculadas L_f para distintas frecuencias y modos de recepción aparecen en el Cuadro 30.

CUADRO 29

Longitud del cable l para modos de recepción

Modo de recepción	Recepción fija (FX)	Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	Recepción móvil (MO)
Longitud del cable l (m)	10	0	2

CUADRO 30

Pérdidas en el alimentador L_f para distintos modos de recepción

Frecuencia (MHz)		65	100	200
Pérdidas en el alimentador L_f	para recepción fija (FX) (dBd)	1,1	1,4	2,0
	para recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H) (dB)	0,0	0,0	0,0
	para recepción móvil (MO) (dB)	0,22	0,28	0,4

3.4 Factor de corrección de pérdida de altura

Para la recepción móvil y portátil, se supone una altura de la antena de recepción de 1,5 m. El método de predicción de propagación normalmente proporciona valores de intensidad de campo a 10 m. Para corregir el valor previsto de 10 m a 1,5 m sobre el nivel del suelo, debe aplicarse el factor de pérdida de altura L_h (dB) indicado en el Cuadro 31.

CUADRO 31

Factor de corrección de pérdida de altura L_h para distintos modos de recepción

Frecuencia (MHz)		65	100	200
Factor de corrección de pérdida de altura L_h	para recepción fija (FX) (dB)	0	0	0
	para recepción portátil y móvil (PO, PI, MO) (dB)	8	10	12
	para recepción manual portátil (PO-H, PI-H) (dB)	15	17	19

3.5 Pérdidas por penetración en los edificios

La relación entre el valor medio de la intensidad de campo dentro de un edificio a una altura determinada sobre el nivel de suelo y el valor medio de la intensidad de campo fuera de ese mismo edificio a la misma altura sobre el nivel del suelo expresada en dB es el valor medio de las pérdidas por penetración en el edificio. El Cuadro 32 indica el valor medio de las pérdidas por penetración en el edificio L_b y las desviaciones típicas σ_b .

CUADRO 32

Pérdidas por penetración en el edificio L_b y desviación típica σ_b

Frecuencia (MHz)	65	100	200
Pérdida media por penetración el edificio L_b (dB)	8	9	9
Desviación típica de las pérdidas por penetración en el edificio σ_b (dB)	3	3	3

3.6 Margen para el ruido artificial

El margen para el ruido artificial, MMN (dB), tiene en cuenta el efecto del ruido artificial recibido por la antena sobre la calidad de funcionamiento del sistema. El factor de ruido equivalente del sistema F_s (dB) que debe utilizarse para los cálculos de cobertura se determina a partir del factor de ruido del receptor F_r (dB) y el MMN (dB).

La Recomendación UIT-R P.372-8 indica los valores legales para calcular el margen de ruido artificial en diferentes zonas y frecuencias con las definiciones de factor de ruido de la antena, sus valores medios $F_{a,med}$ y los valores de las variaciones por decilo (10% y 90%) medidos en distintas regiones. Para todos los modos de recepción se supone una zona residencial (Curva B).

Teniendo en cuenta un factor de ruido del receptor F_r de 7 dB, el MMN puede determinarse para la recepción fija, portátil y móvil. Los resultados aparecen en el Cuadro 33.

CUADRO 33

Margen para el ruido artificial con recepción fija, portátil y móvil

Frecuencia (MHz)	2	100	200
Margen para el ruido artificial (dB) en recepción fija (FX), portátil (PO, PI) y móvil (MO) ($F_r = 7$ dB)	15,38	10,43	3,62

El valor de las variaciones de emplazamiento por decilo (10% y 90%) en la una zona residencial es de 5,8 dB. Por tanto, la desviación típica del MMN para la recepción fija, portátil y móvil $\sigma_{MMN} = 4,53$ dB. Véase el Cuadro 34.

CUADRO 34

Desviación típica del MMN σ_{MMN} con recepción fija, portátil y móvil

Frecuencia (MHz)	65	100	200
Desviación típica del MMN σ_{MMN} (dB) en recepción fija (FX), portátil (PO, PI) y móvil (MO)	4,53	4,53	4,53

Debido a la muy baja ganancia de antena en la recepción manual portátil, el MMN para este modo de recepción es despreciable y, por tanto, se supone de un valor de 0 dB. Véase el Cuadro 35.

CUADRO 35

Margen para el ruido artificial con recepción manual portátil

Frecuencia (MHz)	65	100	200
Margen para el ruido artificial (dB) en recepción manual portátil (PO-H, PI-H)	0	0	0

3.7 Factor de pérdidas de implementación

Las pérdidas de implementación del receptor no ideal se consideran en el cálculo del mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor con un factor de pérdidas de implementación adicional L_i de 3 dB. Véase el Cuadro 36.

CUADRO 36

Factor de pérdidas de implementación L_i

Frecuencia (MHz)	65	100	200
Factor de pérdidas de implementación L_i (dB)	3	3	3

3.8 Factores de corrección para la variabilidad del emplazamiento

El nivel de intensidad de campo $E(p)$ (dB(μ V/m)) utilizado para las predicciones de cobertura e interferencia en los distintos modos de recepción, que se rebasará en el p (%) de emplazamientos para un emplazamiento de antena receptora/móvil terrestre, viene dado por:

$$E(p) \text{ (dB}(\mu\text{V/m))} = E_{med} \text{ (dB}(\mu\text{V/m))} + C_l(p) \text{ (dB)} \quad \text{para } 50\% \leq p \leq 99\% \quad (7)$$

donde:

$C_l(p)$: factor de corrección del emplazamiento

E_{med} (dB(μ V/m)): valor de la intensidad de campo en el 50% de emplazamientos y el 50% del tiempo.

El factor de corrección del emplazamiento $C_l(p)$ (dB) depende de la denominada desviación típica combinada σ_c (dB) del nivel de intensidad de campo deseada que es la suma de las desviaciones típicas individuales de todas las partes de la señal pertinente que deben tenerse en cuenta y el denominado factor de distribución $\mu(p)$, a saber:

$$C_l(p) \text{ (dB)} = \mu(p) \cdot \sigma_c \text{ (dB)} \quad (8)$$

3.8.1 Factor de distribución

El factor de distribución $\mu(p)$ de diferentes probabilidades de emplazamiento teniendo en cuenta los diversos modos de recepción (véase el § 2) aparece en el Cuadro 37.

CUADRO 37

Factor de distribución μ

Porcentaje de emplazamientos de recepción p (%)	70	95	99
Modo de recepción	Fija (FX)	Portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	Móvil (MO)
Factor de distribución μ	0,524	1,645	2,326

3.8.2 Desviación típica combinada

Como las estadísticas del nivel de intensidad de campo deseada en macroescala, las estadísticas del MMN σ_{MMN} (dB) y las estadísticas de la atenuación del edificio pueden suponerse estadísticamente no correladas, la desviación típica combinada se calcula como sigue:

$$\sigma_c \text{ (dB)} = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_b^2 + \sigma_{MMN}^2} \tag{9}$$

Los valores de la desviación típica σ_m (dB) del nivel de intensidad de campo deseada dependen de la frecuencia y del entorno y varios estudios empíricos han demostrado que se produce una considerable dispersión de valores. Los valores representativos y la ecuación para calcular la desviación típica σ_m (dB) del nivel de intensidad de campo deseada figura en la Recomendación UIT-R P.1546-4. En el cálculo de la desviación típica σ_m (dB) de los valores de intensidad de campo deseados se tienen en cuenta únicamente los efectos del desvanecimiento lento, pero no los del desvanecimiento rápido. Para el sistema DRM debe asegurarse que la determinación del mínimo valor de C/N del DRM considera los efectos del desvanecimiento rápido, por tanto, en este caso no es necesario introducir ningún margen de corrección adicional.

En la Recomendación UIT-R P.1546-4 se indican los siguientes valores fijos:

Radiodifusión, analógica (es decir, FM a 100 MHz): $\sigma_m = 8,3$ dB

Radiodifusión, digital (más de 1 MHz de anchura de banda; es decir, DAB a 200 MHz): $\sigma_m = 5,5$ dB

Las desviaciones típicas calculadas σ_m (dB) con las ecuaciones de la Recomendación UIT-R P.1546-4 en zonas urbanas y suburbanas así como en zonas rurales aparecen en el Cuadro 38.

CUADRO 38

Desviación típica para DRM $\sigma_{m,DRM}$

Frecuencia (MHz)		65	100	200
Desviación típica para DRM $\sigma_{m,DRM}$	en zonas urbanas y suburbanas (dB)	3,56	3,80	4,19
	en zonas rurales (dB)	2,86	3,10	3,49

A fin de calcular la desviación típica combinada σ_c (dB) para los diferentes modos de recepción se han tenido en cuenta más o menos partes de las desviaciones típicas particulares determinadas. Los valores para la desviación típica de las pérdidas por penetración en el edificio figuran en el § 3.5, los de la desviación típica del MMN en el § 3.6 y los de la desviación típica de la intensidad de campo σ_m (dB) en el Cuadro 36.

Los resultados de los cálculos de la desviación típica combinada σ_c (dB) para los respectivos modos de recepción aparecen en el Cuadro 39.

CUADRO 39

Desviación típica combinada σ_c para distintos modos de recepción

Frecuencia (MHz)		65	100	200
Desviación típica combinada σ_c para el modo de recepción	fija (FX) y portátil (PO) (dB)	5,76	5,91	6,17
	manual portátil en exteriores (PO-H) (dB)	3,56	3,80	4,19
	móvil (MO) (dB)	5,36	5,49	5,72
	portátil en interiores (PI) (dB)	6,49	6,63	6,86
	manual portátil en interiores (PI-H) (dB)	4,65	4,84	5,15

3.8.3 Factor de corrección de emplazamiento combinado para las relaciones de protección

La protección necesaria de una señal deseada contra una señal interferente se indica como la relación de protección básica PR_{basic} (dB) para el 50% de probabilidad de emplazamientos. En el caso de probabilidad de emplazamientos más elevada como se da para todos los modos de recepción, se utiliza un denominado factor de corrección de emplazamiento combinado CF (en dB) como margen que debe añadirse a la relación de protección básica PR_{basic} , válido para el nivel de intensidad de campo deseado y el nivel de intensidad de campo perturbador, a la relación de protección $PR(p)$ correspondiente al porcentaje necesario p (%) de emplazamientos del servicio deseado.

$$PR(p) \text{ (dB)} = PR_{basic} \text{ (dB)} + CF(p) \text{ (dB)} \quad \text{para } 50\% \leq p \leq 99\% \quad (10)$$

con:

$$CF(p) \text{ (dB)} = \mu(p) \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_n^2} \text{ (dB)} \quad (11)$$

donde σ_w y σ_n , ambos en dB, son la desviación típica de la variación de emplazamiento para la señal deseada y para la señal perturbadora, respectivamente. Los valores de σ_w y σ_n se indican en el § 3.8.2 para los diferentes sistemas de radiodifusión como σ_m .

3.9 Discriminación por polarización

En los procedimientos de planificación de los sistemas de radiodifusión sonora digital en las bandas de ondas métricas no se tendrá en cuenta la discriminación por polarización en ningún modo de recepción.

4 Parámetros del sistema DRM para las predicciones de intensidad de campo

La descripción de los parámetros del sistema DRM se refiere al Modo E de este sistema.

4.1 Modos y velocidades de codificación para los cálculos

Algunos de los parámetros obtenidos dependen de las características de la señal DRM transmitida. Para limitar la cantidad de pruebas, se escogieron dos conjuntos de parámetros típicos como conjuntos básicos. Véase el Cuadro 40:

- **DRM con MAQ-4** como una señal con alta protección y una velocidad de datos menor adecuada para una señal de audio robusta con un servicio de baja velocidad de datos.
- **DRM con MAQ-16** como una señal con baja protección y una velocidad de datos elevada adecuada para varias señales de audio o para una señal de audio con un servicio de alta velocidad de datos.

CUADRO 40
Velocidades de codificación MSC para los cálculos

Modo MSC	11 – MAQ-4	00 – MAQ-16
Nivel de protección MSC	1	2
Velocidad de codificación R MSC	1/3	1/2
Modo SDC	1	1
Velocidad de codificación R SDC	0,25	0,25
Velocidad binaria aproximada	49,7 kbit/s	149,1 kbit/s

4.2 Parámetros MDFO relativos a la propagación

Los parámetros MDFO relativos a la propagación del sistema DRM figuran en el Cuadro 41.

CUADRO 41
Parámetros OFDM

Periodo de tiempo elemental T	83 1/3 μ s
Duración de la parte útil (ortogonal) $T_u = 27 \cdot T$	2,25 ms
Duración del intervalo de guarda $T_g = 3 \cdot T$	0,25 ms
Duración del símbolo $T_s = T_u + T_g$	2,5 ms
T_g/T_u	1/9
Duración de la trama de transmisión T_f	100 ms
Número de símbolos por trama N_s	40
Anchura de banda de canal B	96 kHz
Separación de portadoras $1/T_u$	444 4/9 Hz
Espacio de número de portadoras	$K_{\min} = -106; K_{\max} = 106$
Portadoras no utilizadas	ninguna

4.3 Capacidad de funcionamiento a una sola frecuencia

El transmisor DRM puede funcionar en redes de una sola frecuencia (SFN). La máxima distancia del transmisor para evitar la autointerferencia depende de la longitud del intervalo de guarda MDFO. Como la longitud T_g del intervalo de guarda DRM es 0,25 ms, el máximo retardo del eco y, por tanto, la máxima distancia del transmisor es de 75 km.

5 Mínimo nivel de potencia de entrada en el receptor

A fin de lograr soluciones asequibles para el receptor DRM, se supone un factor de ruido del receptor F de $F_r = 7$ dB.

Con $B = 100$ kHz y $T = 290$ K, el nivel de potencia de entrada del ruido térmico del receptor para el DRM Modo E es $P_n = -146,98$ (dBW).

La norma DRM indica un valor necesario de $(C/N)_{\min}$ para lograr una proporción de bits erróneos codificada media $BER = 1 \cdot 10^{-4}$ (bit) tras el decodificador de canal para distintos modelos de canal.

Los efectos del sistema de banda estrecha, tales como el desvanecimiento rápido, se incluyen en los modelos de canal y, por tanto, en los valores calculados de $(C/N)_{\min}$.

Se han asignado tres modelos de canal a los modos de recepción determinados que proporcionan los respectivos valores necesarios de $(C/N)_{\min}$. Véase el Cuadro 42.

CUADRO 42
 $(C/N)_{\min}$ con distintos modos de canal

Modo de recepción	Modo de canal	$(C/N)_{\min}$ (dB) para	
		MAQ-4, R = 1/3	MAQ-16, R = 1/2
Recepción fija (FX)	Canal 7 (AWGN)	1,3	7,9
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	Canal 8 (urbana@60 km/h)	7,3	15,4
Recepción móvil (MO)	Canal 11 (terreno montañoso)	5,5	12,8

Basándose en los valores antes indicados e incluyendo el factor de pérdidas de implementación, se ha calculado el mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor en el emplazamiento de recepción para MAQ-4 y MAQ-16. Véanse los Cuadros 43 y 44.

CUADRO 43
Mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor $P_{s, \min}$
para MAQ-4, R = 1/3

Modo de recepción		Fijo	Portátil	Móvil
Factor de ruido del receptor	F_r (dB)	7	7	7
Nivel de potencia del ruido a la entrada del receptor	P_n (dBW)	-146,98	-146,98	-146,98
Mínima relación C/N representativa	$(C/N)_{\min}$ (dB)	1,3	7,3	5,5
Factor de pérdidas de implementación	L_i (dB)	3	3	3
Mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor	$P_{s, \min}$ (dBW)	-142,68	-136,68	-138,48

CUADRO 44
Mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor $P_{s, \min}$
para MAQ-16, R = 1/2

Modo de recepción		Fijo	Portátil	Móvil
Factor de ruido del receptor	F_r (dB)	7	7	7
Nivel de potencia del ruido a la entrada del receptor	P_n (dBW)	-146,98	-146,98	-146,98
Mínima relación C/N representativa	$(C/N)_{\min}$ (dB)	7,9	15,4	12,8
Factor de pérdidas de implementación	L_i (dB)	3	3	3
Mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor	$P_{s, \min}$ (dBW)	-136,08	-128,58	-131,18

6 Mínima intensidad de campo deseada utilizada en la planificación

6.1 Cálculo del mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo

El cálculo del mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo a 10 m por encima del nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos se calcula mediante los cinco pasos siguientes:

1) Determinación del nivel de potencia de ruido a la entrada del receptor P_n

$$P_n \text{ (dBW)} = F \text{ (dB)} + 10 \log_{10} (k \cdot T_0 \cdot B) \quad (12)$$

con:

- F : factor de ruido del receptor (dB)
- k : constante de Boltzmann, $k = 1,38 \times 10^{-23}$ (J/K)
- T_0 : temperatura absoluta (K)
- B : anchura de banda del ruido del receptor (Hz)

2) Determinación del mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor $P_{s, \text{mín}}$

$$P_{s, \text{mín}} \text{ (dBW)} = (C/N)_{\text{mín}} \text{ (dB)} + P_n \text{ (dBW)} \quad (13)$$

siendo:

$(C/N)_{\text{mín}}$: mínima relación portadora/ruido a la entrada del decodificador DRM (en dB).

3) Determinación de la mínima densidad de flujo de potencia (es decir, magnitud del vector de Poynting) en el emplazamiento de recepción $\varphi_{\text{mín}}$

$$\varphi_{\text{mín}} \text{ (dBW/m}^2\text{)} = P_{s, \text{mín}} \text{ (dBW)} - A_a \text{ (dBm}^2\text{)} + L_f \text{ (dB)} \quad (14)$$

siendo:

L_f : pérdidas en el alimentador (dB)

A_a : apertura efectiva de la antena (dBm²).

$$A_a \text{ (dBm}^2\text{)} = 10 \cdot \log \left(\frac{1.64}{4\pi} \left(\frac{300}{f \text{ (MHz)}} \right)^2 \right) + G_D \text{ (dB)} \quad (15)$$

4) Determinación del mínimo valor eficaz del nivel de intensidad de campo en el emplazamiento de la antena de recepción $E_{\text{mín}}$

$$E_{\text{mín}} \text{ (dB}(\mu\text{V/m)}\text{)} = \varphi_{\text{mín}} \text{ (dBW/m}^2\text{)} + 10 \log_{10} (Z_{F0}) \text{ (dB}\Omega\text{)} + 20 \log_{10} \left(\frac{1\text{V}}{1\mu\text{V}} \right) \quad (16)$$

siendo:

$$Z_{F0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 120\pi \text{ (}\Omega\text{)} \quad \text{la impedancia característica en el espacio libre} \quad (17)$$

lo que se traduce en:

$$E_{\text{mín}} \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = \varphi_{\text{mín}} \text{ (dBW/m}^2\text{)} + 145,8 \text{ (dB}\Omega\text{)} \quad (18)$$

5) Determinación del mínimo valor mediano eficaz del nivel de intensidad de campo E_{med}

Para los distintos casos de recepción el mínimo valor mediano eficaz de la intensidad de campo se calcula como sigue:

$$\text{para recepción fija: } E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + Cl \quad (19)$$

$$\text{para recepción portátil en exteriores y móvil: } E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + Cl + L_h \quad (20)$$

$$\text{para recepción portátil en interiores: } E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + Cl + L_h + L_b \quad (21)$$

Basándose en estas ecuaciones, se ha calculado el mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo en los respectivos modos de recepción para MAQ-4 y MAQ-16 en las Bandas I, II y III de ondas métricas. Véanse los Cuadros 43 a 48.

6.2 Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo para la Banda I de ondas métricas

CUADRO 45

Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo E_{med} para MAQ-4, $R = 1/3$ en la Banda I de ondas métricas

Modulación DRM		MAQ-4, $R = 1/3$					
Situación de recepción		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Mínimo nivel de potencia de entrada en el receptor	$P_{s, min}$ (dBW)	-142,68	-136,68	-136,68	-136,68	-136,68	-138,48
Ganancia de antena	G_D (dBd)	0,00	-2,20	-22,76	-2,20	-22,76	-2,20
Apertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	4,44	2,24	-18,32	2,24	-18,32	2,24
Pérdidas en el alimentador	L_c (dB)	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
Mínima dfp en el emplazamiento de recepción	ϕ_{min} (dBW/m ²)	-146,02	-138,92	-118,36	-138,92	-118,36	-140,50
Mínimo nivel de intensidad de campo en la antena de recepción	E_{min} (dB(μ V/m))	-0,25	6,85	27,41	6,85	27,41	5,27
Margen de ruido artificial	P_{mmn} (dB)	15,38	15,38	0,00	15,38	0,00	15,38
Pérdidas por altura de antena	L_h (dB)	0,00	8,00	15,00	8,00	15,00	8,00
Pérdidas por penetración en el edificio	L_b (dB)	0,00	8,00	8,00	0,00	0,00	0,00
Probabilidad de emplazamiento	%	70	95	95	95	95	99
Factor de distribución	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Desviación típica de la intensidad de campo DRM	σ_m (dB)	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	2,86
Desviación típica del MMN	σ_{MMN} (dB)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Desviación típica de las pérdidas por penetración en el edificio	σ_b (dB)	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Factor de corrección del emplazamiento	C_l (dB)	3,02	10,68	7,65	9,47	5,85	12,46
Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo	E_{med} (dB(μ V/m))	18,15	48,91	58,06	39,71	48,26	41,11

CUADRO 46

**Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo E_{med} para MAQ-16,
 $R = 1/2$ en la Banda I de ondas métricas**

Modulación DRM		MAQ-16, $R = 1/2$					
Situación de recepción		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Mínimo nivel de potencia de entrada en el receptor	$P_{s, min}$ (dBW)	-136,08	-128,58	-128,58	-128,58	-128,58	-131,18
Ganancia de antena	G_D (dBd)	0,00	-2,20	-22,76	-2,20	-22,76	-2,20
Apertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	4,44	2,24	-18,32	2,24	-18,32	2,24
Pérdidas en el alimentador	L_c (dB)	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
Mínima dfp en el emplazamiento de recepción	φ_{min} (dBW/m ²)	-139,42	-130,82	-110,26	-130,82	-110,26	-133,20
Mínimo nivel de intensidad de campo en la antena de recepción	E_{min} (dB(μ V/m))	6,35	14,95	35,51	14,95	35,51	12,57
Margen de ruido artificial	P_{mmn} (dB)	15,38	15,38	0,00	15,38	0,00	15,38
Pérdidas por altura de antena	L_h (dB)	0,00	8,00	15,00	8,00	15,00	8,00
Pérdidas por penetración en el edificio	L_b (dB)	0,00	8,00	8,00	0,00	0,00	0,00
Probabilidad de emplazamiento	%	70	95	95	95	95	99
Factor de distribución	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Desviación típica de la intensidad de campo DRM	σ_m (dB)	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	2,86
Desviación típica del MMN	σ_{MMN} (dB)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Desviación típica de las pérdidas por penetración en el edificio	σ_b (dB)	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Factor de corrección del emplazamiento	C_l (dB)	3,02	10,68	7,65	9,47	5,85	12,46
Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo	E_{med} (dB(μ V/m))	24,75	57,01	66,16	47,81	56,36	48,41

6.3 Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo para la Banda II de ondas métricas

CUADRO 47

Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo E_{med} para MAQ-4, $R = 1/3$ en la Banda II de ondas métricas

Modulación DRM		MAQ-4, $R = 1/3$					
Situación de recepción		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Mínimo nivel de potencia de entrada en el receptor	$P_{s, min}$ (dBW)	-142,68	-136,68	-136,68	-136,68	-136,68	-138,48
Ganancia de antena	G_D (dBd)	0,00	-2,20	-19,02	-2,20	-19,02	-2,20
Apertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	0,70	-1,50	-18,32	-1,50	-18,32	-1,50
Pérdidas en el alimentador	L_c (dB)	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Mínima dfp en el emplazamiento de recepción	φ_{min} (dBW/m ²)	-141,97	-135,17	-118,35	-135,17	-118,35	-136,69
Mínimo nivel de intensidad de campo en la antena de recepción	E_{min} (dB(μV/m))	3,79	10,59	27,41	10,59	27,41	9,07
Margen de ruido artificial	P_{mmn} (dB)	10,43	10,43	0,00	10,43	0,00	10,43
Pérdidas por altura de antena	L_h (dB)	0,00	10,00	17,00	10,00	17,00	10,00
Pérdidas por penetración en el edificio	L_b (dB)	0,00	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00
Probabilidad de emplazamiento	%	70	95	95	95	95	99
Factor de distribución	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Desviación típica de la intensidad de campo DRM	σ_m (dB)	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,10
Desviación típica del MMN	σ_{MMN} (dB)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Desviación típica de las pérdidas por penetración en el edificio	σ_b (dB)	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Factor de corrección del emplazamiento	C_i (dB)	3,10	10,91	7,96	9,73	6,25	12,77
Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo	E_{med} (dB(μV/m))	17,32	50,92	61,37	40,74	50,66	42,27

CUADRO 48

**Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo E_{med} para MAQ-16,
 $R = 1/2$ en la Banda II de ondas métricas**

Modulación DRM		MAQ-16 $R = 1/2$					
Situación de recepción		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Mínimo nivel de potencia de entrada en el receptor	$P_{s, min}$ (dBW)	-136,08	-128,58	-128,58	-128,58	-128,58	-131,18
Ganancia de antena	G_D (dBd)	0,00	-2,20	-19,02	-2,20	-19,02	-2,20
Apertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	0,70	-1,50	-18,32	-1,50	-18,32	-1,50
Pérdidas en el alimentador	L_c (dB)	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Mínima dfp en el emplazamiento de recepción	φ_{min} (dBW/m ²)	-135,37	-127,07	-110,25	-127,07	-110,25	-129,39
Mínimo nivel de intensidad de campo en la antena de recepción	E_{min} (dB(μ V/m))	10,39	18,69	35,51	18,69	35,51	16,37
Margen de ruido artificial	P_{mnn} (dB)	10,43	10,43	0,00	10,43	0,00	10,43
Pérdidas por altura de antena	L_h (dB)	0,00	10,00	17,00	10,00	17,00	10,00
Pérdidas por penetración en el edificio	L_b (dB)	0,00	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00
Probabilidad de emplazamiento	%	70	95	95	95	95	99
Factor de distribución	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Desviación típica de la intensidad de campo DRM	σ_m (dB)	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,10
Desviación típica del MMN	σ_{MMN} (dB)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Desviación típica de las pérdidas por penetración en el edificio	σ_b (dB)	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Factor de corrección del emplazamiento	C_l (dB)	3,10	10,91	7,96	9,73	6,25	12,77
Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo	E_{med} (dB(μ V/m))	23,92	59,02	69,47	48,84	58,76	49,57

6.4 Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo para la Banda III de ondas métricas

CUADRO 49

Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo E_{med} para MAQ-4, $R = 1/3$ en la Banda III de ondas métricas

Modulación DRM		MAQ-4, $R = 1/3$					
Situación de recepción		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Mínimo nivel de potencia de entrada en el receptor	$P_{s, min}$ (dBW)	-142,68	-136,68	-136,68	-136,68	-136,68	-138,48
Ganancia de antena	G_D (dBd)	0,00	-2,20	-13,00	-2,20	-13,00	-2,20
Apertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	-5,32	-7,52	-18,32	-7,52	-18,32	-7,52
Pérdidas en el alimentador	L_c (dB)	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Mínima dfp en el emplazamiento de recepción	φ_{min} (dBW/m ²)	-135,35	-129,15	-118,35	-129,15	-118,35	-130,55
Mínimo nivel de intensidad de campo en la antena de recepción	E_{min} (dB(μV/m))	10,41	16,61	27,41	16,61	27,41	15,21
Margen de ruido artificial	P_{mmn} (dB)	3,62	3,62	0,00	3,62	0,00	3,62
Pérdidas por altura de antena	L_h (dB)	0,00	12,00	19,00	12,00	19,00	12,00
Pérdidas por penetración en el edificio	L_b (dB)	0,00	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00
Probabilidad de emplazamiento	%	70	95	95	95	95	99
Factor de distribución	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Desviación típica de la intensidad de campo DRM	σ_m (dB)	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	3,49
Desviación típica del MMN	σ_{MMN} (dB)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Desviación típica de las pérdidas por penetración en el edificio	σ_b (dB)	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Factor de corrección del emplazamiento	C_i (dB)	3,24	11,29	8,48	10,15	6,89	13,31
Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo	E_{med} (dB(μV/m))	17,26	52,52	63,89	42,38	53,30	44,13

CUADRO 50

**Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo E_{med} para MAQ-16,
 $R = 1/2$ en la Banda III de ondas métricas**

Modulación DRM		MAQ-16, $R = 1/2$					
Situación de recepción		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Mínimo nivel de potencia de entrada en el receptor	$P_{s, min}$ (dBW)	-136,08	-128,58	-128,58	-128,58	-128,58	-131,18
Ganancia de antena	G_D (dBd)	0,00	-2,20	-13,00	-2,20	-13,00	-2,20
Apertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	-5,32	-7,52	-18,32	-7,52	-18,32	-7,52
Pérdidas en el alimentador	L_c (dB)	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Mínima dfp en el emplazamiento de recepción	φ_{min} (dBW/m ²)	-128,75	-121,05	-110,25	-121,05	-110,25	-123,25
Mínimo nivel de intensidad de campo en la antena de recepción	E_{min} (dB(μV/m))	17,01	24,71	35,51	24,71	35,51	22,51
Margen de ruido artificial	P_{mnn} (dB)	3,62	3,62	0,00	3,62	0,00	3,62
Pérdidas por altura de antena	L_h (dB)	0,00	12,00	19,00	12,00	19,00	12,00
Pérdidas por penetración en el edificio	L_b (dB)	0,00	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00
Probabilidad de emplazamiento	%	70	95	95	95	95	99
Factor de distribución	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Desviación típica de la intensidad de campo DRM	σ_m (dB)	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	3,49
Desviación típica del MMN	σ_{MMN} (dB)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Desviación típica de las pérdidas por penetración en el edificio	σ_b (dB)	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Factor de corrección del emplazamiento	C_l (dB)	3,24	11,29	8,48	10,15	6,89	13,31
Mínimo valor mediano del nivel de intensidad de campo	E_{med} (dB(μV/m))	23,86	60,62	71,99	50,48	61,40	51,43

7 Posición de las frecuencias DRM

El sistema DRM está diseñado para ser utilizado en cualquier frecuencia con restricciones de canalización y condiciones de preparación variables en estas bandas.

Para la Banda I y la Banda II de ondas métricas, las frecuencias centrales del sistema DRM tienen una separación de 100 kHz de acuerdo con la retícula de frecuencias FM en la Banda II de ondas métricas. Las frecuencias portadoras nominales son, en principio, múltiplos enteros de 100 kHz. El sistema DRM está diseñado para ser utilizado con esta disposición de frecuencias.

En la Banda III de ondas métricas, las frecuencias centrales del sistema DRM están separadas 100 kHz comenzando por 174,05 MHz y son múltiplos enteros de 100 kHz hasta el final de la Banda III de ondas métricas.

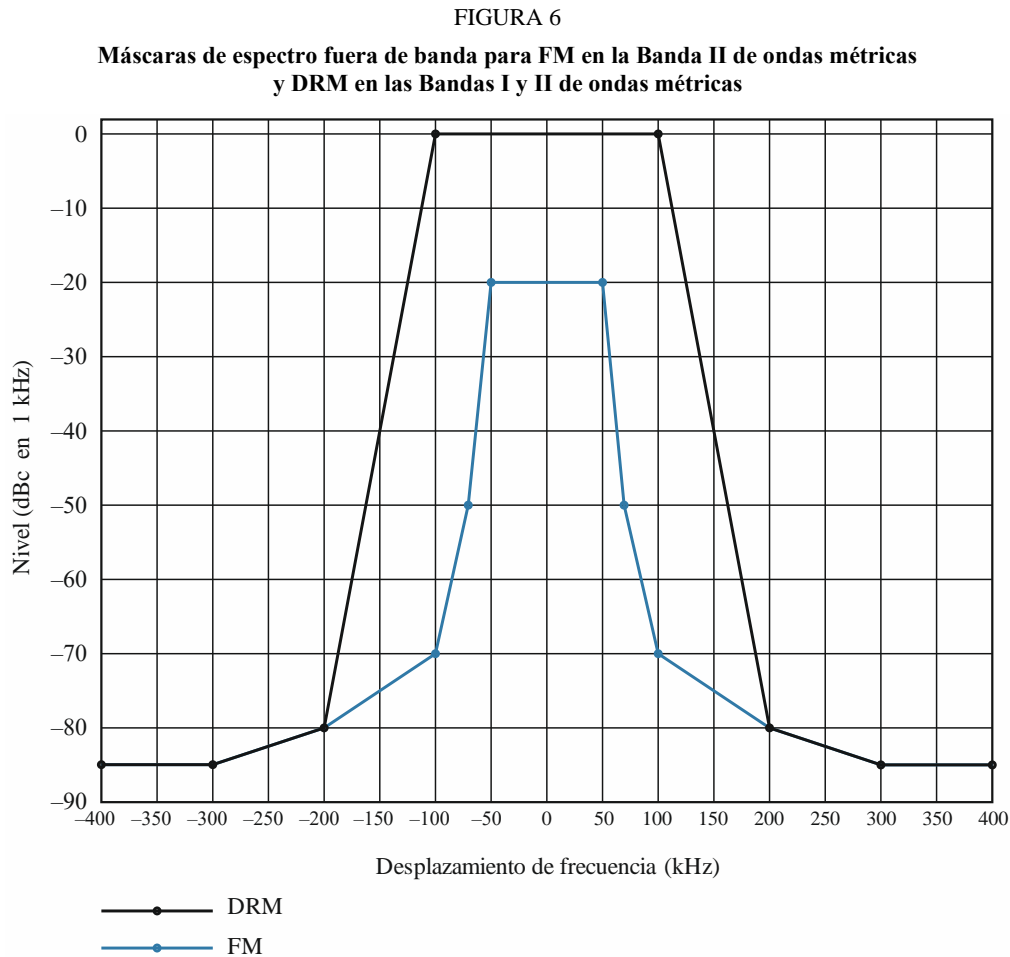
8 Emisiones no deseadas

8.1 Máscara de espectro fuera de banda

El espectro de la densidad de potencia en el transmisor es importante para determinar la interferencia de canal adyacente.

8.1.1 Banda I y Banda II de ondas métricas

En la Fig. 6 y el Cuadro 49 aparecen, respectivamente, una máscara de espectro fuera de banda para el sistema DRM en la Banda I y la Banda II de ondas métricas, junto con los vértices de la máscara de espectro fuera de banda simétrica para los transmisores⁸ de FM como un requisito mínimo del transmisor, definido para una anchura de banda de resolución (RBW) de 1 kHz.



⁸ Figura en ETSI EN 302 018-2; Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the Frequency Modulated (FM) sound broadcasting service.

CUADRO 51

**Máscaras de espectro fuera de banda para FM en la Banda II de ondas métricas
y DRM en las bandas I y II de ondas métricas**

Máscara de espectro (canal de 100 kHz)/ nivel relativo para FM		Máscara de espectro (canal de 100 kHz)/ nivel relativo para DRM	
Desplazamiento de frecuencia (kHz)	Nivel (dBc)/(1 kHz)	Desplazamiento de frecuencia (kHz)	Nivel (dBc)/(1 kHz)
0	0	0	-20
±50	0	±50	-20
±70	0	±70	-50
±100	0	±100	-70
±200	-80	±200	-80
±300	-85	±300	-85
±400	-85	±400	-85

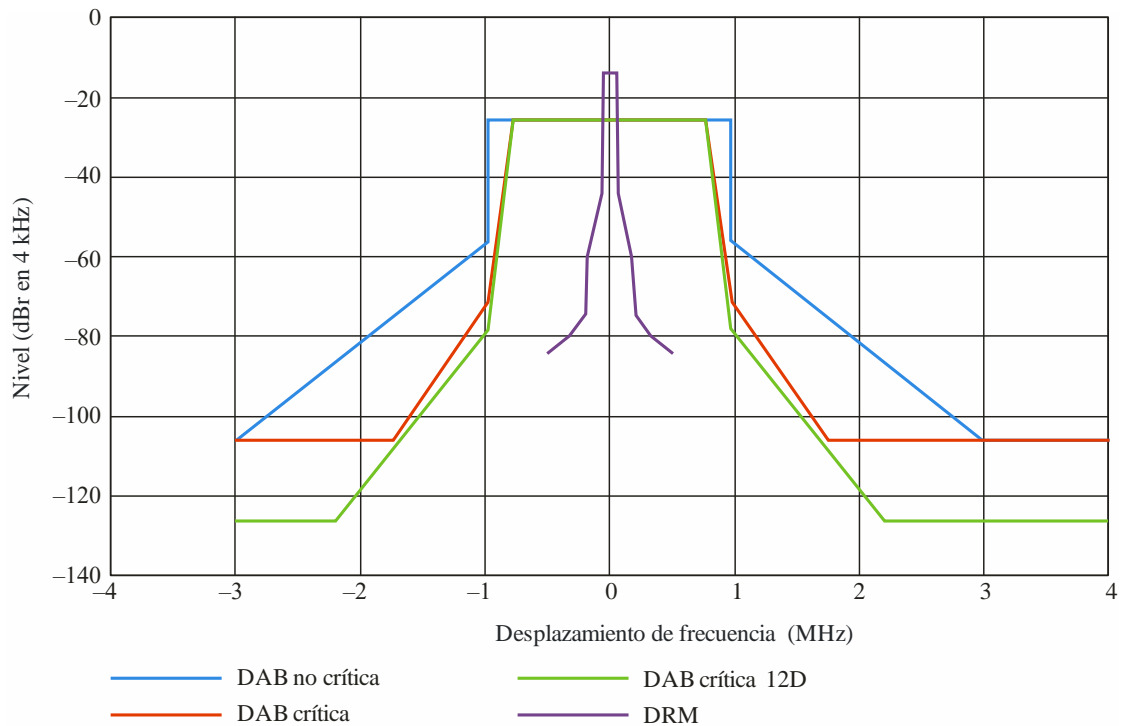
8.1.2 Banda III de ondas métricas

En la Fig. 7 y el Cuadro 52 aparecen, respectivamente, la máscara de espectro fuera de banda para DRM en la Banda III de ondas métricas, junto con los vértices de las máscaras de espectro fuera de banda simétricas para los transmisores⁹ DAB como un requisito mínimo del transmisor, definido para una anchura de banda de resolución (RBW) de 4 kHz. Para el sistema DRM resulta un valor de -14 dBr.

⁹ Recomendación ITU-R BS.1660-3; Bases técnicas para la planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas.

FIGURA 7

Máscaras de espectro fuera de banda para DAB y DRM en la Banda III de ondas métricas



BS.166007

CUADRO 52

Máscaras de espectro fuera de banda para DAB y DRM en la Banda III de ondas métricas

Máscara de espectro (canal de 1,54 MHz)/ nivel relativo para DAB (en 4 kHz)				Máscara de espectro (canal de 100 kHz)/nivel relativo para DRM (en 4 kHz)	
Desplazamiento de frecuencia (MHz)	Nivel (dBc) (casos no críticos)	Nivel (dBc) (casos críticos)	Nivel (dBc) (casos críticos/12D)	Desplazamiento de frecuencia (kHz)	Nivel (dBc)
±0,77	–	–26	–26	0	–14
< ±0,97	–26	–	–	±50	–14
±0,97	–56	–71	–78	±60	–44
±1,75	–	–106	–	±181,25	–59
±2,2	–	–	–126	±200	–74
±3,0	–106	–106	–126	±300	–79
				±500	–84

8.2 Relaciones de protección

La mínima relación aceptable entre una señal deseada y las señales interferentes para proteger la recepción de la señal deseada se define como la relación de protección PR (dB). Los valores de las relaciones de protección se indican como:

- **Relación de protección básica** PR_{basic} para una señal deseada interferida por una señal no deseada para una probabilidad de emplazamiento del 50%.
- **Factor de corrección de emplazamiento combinado** CF (dB) como un margen que debe añadirse a la relación de protección básica para una señal deseada interferida con una señal no deseada para el cálculo de las relaciones de protección para una probabilidad de emplazamiento superior al 50%. La ecuación para el cálculo figura en el § 3.8.3.
- **Relación de protección correspondiente** $PR(p)$ para una señal digital deseada interferida por una señal no deseada para una probabilidad de emplazamiento superior al 50%, teniendo en cuenta la respectiva probabilidad de emplazamiento de los correspondientes modos de recepción que tienen requisitos de protección más elevados debido a la mayor probabilidad de emplazamiento que debe protegerse y el factor de corrección de emplazamiento combinando CF (dB) que, por tanto, se necesita.

8.2.1 Relaciones de protección para el sistema DRM

8.2.1.1 Sistema DRM interferido por otro sistema DRM

La relación de protección básica PR_{basic} para DRM es válida en todas las bandas de ondas métricas. Véase el Cuadro 53. Para la desviación típica de DRM diferente en las respectivas bandas de ondas métricas, las correspondientes relaciones de protección $PR(p)$, véase el Cuadro 54 para MAQ-4 y el Cuadro 55 para MAQ-16, son distintas en las respectivas bandas de ondas métricas.

CUADRO 53

Relaciones de protección básicas PR_{basic} para un sistema DRM interferido por otro sistema DRM

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	±100	±200
DRM (MAQ-4, $R = 1/3$)	PR_{basic} (dB)	4	-16	-40
DRM (MAQ-16, $R = 1/2$)	PR_{basic} (dB)	10	-10	-34

CUADRO 54

Relaciones de protección correspondientes $PR(p)$ a los modos de recepción para un sistema DRM (MAQ-4, $R = 1/3$) interferido por otro sistema DRM

Banda de frecuencias de referencia		65 MHz		
		Banda I de ondas métricas		
Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	±100	±200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	6,64	-13,36	-37,36
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	12,27	-7,73	-31,73
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	13,40	-6,60	-30,60

Banda de frecuencias de referencia		100 MHz Banda II de ondas métricas		
Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	±100	±200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	6,82	-13,18	-37,18
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	12,84	-7,16	-31,16
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	14,20	-5,80	-29,80

Banda de frecuencias de referencia		200 MHz Banda III de ondas métricas		
Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	±100	±200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	7,11	-12,89	-36,89
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	13,75	-6,25	-30,25
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	15,49	-4,51	-28,51

CUADRO 55

Relaciones de protección correspondientes $PR(p)$ a los modos de recepción para un sistema DRM (MAQ-16, $R = 1/2$) interferido por otro sistema DRM

Banda de frecuencias de referencia		65 MHz Banda I de ondas métricas		
Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	±100	±200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	12,64	-7,36	-31,36
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	18,27	-1,73	-25,73
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	19,40	-0,60	-24,60

Banda de frecuencias de referencia		100 MHz Banda II de ondas métricas		
Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	±100	±200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	12,82	-7,18	-31,18
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	18,84	-1,16	-25,16
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	20,20	0,20	-23,80

Banda de frecuencias de referencia		200 MHz Banda III de ondas métricas		
Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	±100	±200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	13,11	-6,89	-30,89
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	19,75	-0,25	-24,25
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	21,49	1,49	-22,51

8.2.1.2 Sistema DRM interferido por un sistema FM en la Banda III de ondas métricas

La relación de protección básica PR_{basic} para un sistema DRM interferido por un sistema FM en la Banda II de ondas métricas figura en el Cuadro 56. Los valores para las correspondientes relaciones de protección $PR(p)$ aparecen en el Cuadro 57 en el caso de MAQ-4 y en el Cuadro 58 en el caso de MAQ-16, respectivamente.

CUADRO 56

Relaciones de protección básicas PR_{basic} para un sistema DRM interferido por un sistema FM

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200
DRM (MAQ-4, $R = 1/3$) interferido por FM (estereofónico)	PR_{basic} (dB)	11	-13	-54
DRM (MAQ-16, $R = 1/2$) interferido por FM (estereofónico)	PR_{basic} (dB)	18	-9	-49

CUADRO 57

Relaciones de protección correspondientes $PR(p)$ a los modos de recepción para un sistema DRM (MAQ-4, $R = 1/3$) interferido por un sistema FM estereofónico

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	15,79	-8,21	-49,21
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	26,02	2,02	-38,98
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	31,61	7,61	-33,39

CUADRO 58

Relaciones de protección correspondientes $PR(p)$ a los modos de recepción para un sistema DRM (MAQ-16, $R = 1/2$) interferido por un sistema FM estereofónico

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	22,79	-4,21	-44,21
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	33,02	6,02	-33,98
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	38,61	11,61	-28,39

8.2.1.3 Sistema DRM interferido por un sistema DAB en la Banda III de ondas métricas

La relación de protección básica PR_{basic} para un sistema DRM interferido por un sistema DAB en la Banda III de ondas métricas figura en el Cuadro 59. Los valores para las relaciones de protección correspondientes $PR(p)$ aparecen en el Cuadro 60 en el caso de MAQ-4 y en el Cuadro 61 en el caso de MAQ-16, respectivamente.

CUADRO 59

**Relaciones de protección básicas PR_{basic} para un sistema DRM
interferido por un sistema DAB**

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200
Relación de protección básica para DRM (MAQ-4, $R = 1/3$)	PR_{basic} (dB)	-7	-36	-40
Relación de protección básica para DRM (MAQ-16, $R = 1/2$)	PR_{basic} (dB)	-2	-18	-40

CUADRO 60

**Relaciones de protección correspondientes $PR(p)$ a los modos de recepción
para un sistema DRM (MAQ-4, $R = 1/3$) interferido
por un sistema DAB**

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	-3,37	-32,37	-50,37
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	4,37	-24,63	-42,63
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	8,16	-20,84	-38,84

CUADRO 61

**Relaciones de protección correspondientes $PR(p)$ a los modos de recepción
para un sistema DRM (MAQ-16, $R = 1/2$) interferido
por un sistema DAB**

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200
Recepción fija (FX)	$PR(p)$ (dB)	1,63	-14,37	-45,37
Recepción portátil (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (dB)	9,37	-6,63	-37,63
Recepción móvil (MO)	$PR(p)$ (dB)	13,16	-2,84	-33,84

8.2.1.4 Sistema DRM interferido por un sistema DVB-T en la Banda III de ondas métricas

Como el mecanismo de influencia de un sistema DAB en un sistema DRM es el mismo que en el caso de un sistema DVB-T, se propone suponer las mismas relaciones de protección para el sistema DRM interferido por un sistema DVB-T en la Banda III de ondas métricas que para un sistema DRM interferido por un sistema DAB en la Banda III de ondas métricas.

Para corregir la densidad espectral de potencia más baja de una señal de DVB-T de idéntica intensidad de campo comparada con una señal DAB, deben aplicarse los siguientes factores de corrección a la p.r.a. de las señales interferentes antes de calcular su intensidad de campo:

- 6,4 dB para una señal DVB-T de 7 MHz;
- 6,9 dB para una señal DVB-T de 8 MHz.

8.2.2 Relaciones de protección para sistemas de radiodifusión interferidos por un sistema DRM

8.2.2.1 Relaciones de protección para un sistema FM en la Banda II de ondas métricas

Los parámetros de la señal FM aparecen en la Recomendación UIT-R BS.412-9. En su Anexo 5 se indica que las interferencias pueden venir causadas por la intermodulación de señales FM intensas con una separación de frecuencias superior a 400 kHz. En este efecto de modulación cruzada de un alto nivel de señal interferente en una gama de hasta 1 MHz también debe tenerse en cuenta la distancia cuando se planifiquen sistemas MDFO en la Banda II de ondas métricas. Por tanto, en el Cuadro 62 no sólo figuran las relaciones de protección PR_{basic} en la gama de 0 kHz a ± 400 kHz sino también las relaciones para ± 500 kHz y $\pm 1\ 000$ kHz. Los valores entre 600 kHz y 900 kHz pueden extrapolarse a partir de los anteriores.

CUADRO 62

Relaciones de protección básicas PR_{basic} para una señal FM interferida por un sistema DRM

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200	± 300	± 400	± 500	$\pm 1\ 000$
Relación de protección básica para FM (estereofónico)	PR_{basic} (dB)	49	30	3	-8	-11	-13	-21

8.2.2.2 Relaciones de protección para un sistema DAB en la Banda III de ondas métricas

Los parámetros de la señal DAB figuran en la Recomendación UIT-R 1660-3. La planificación de un sistema T-DAB debe poder tratar la recepción móvil con una probabilidad de emplazamiento del 99% y la recepción portátil en interiores con una probabilidad de emplazamiento del 95%, respectivamente¹⁰. Además, se dan los valores para la recepción fija con una probabilidad de emplazamiento del 70%.

La relación de protección básica PR_{basic} para un sistema DAB interferido por un sistema DRM en la Banda III de ondas métricas aparece en el Cuadro 63. Los valores para las correspondientes relaciones de protección $PR(p)$ figuran en el Cuadro 64.

CUADRO 63

Relaciones de protección básicas PR_{basic} para un sistema DAB interferido por un sistema DRM

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200
Relación de protección básica para T-DAB	PR_{basic} (dB)	10	-40	-40

¹⁰ Actas Finales de la Conferencia Regional de Radiocomunicaciones para la planificación del servicio de radiodifusión digital terrenal en partes de las Regiones 1 y 3, en las bandas de frecuencia 174-230 MHz y 470-862 MHz (CRR-06).

CUADRO 64

Relaciones de protección correspondientes $PR(p)$ a modos de recepción para un sistema DAB interferido por un sistema DRM

Desplazamiento de frecuencia (kHz)		0	± 100	± 200
Recepción fija DAB	$PR(p)$ (dB)	13,63	-36,37	-36,37
Recepción portátil DAB	$PR(p)$ (dB)	21,37	-28,63	-28,63
Recepción móvil DAB	$PR(p)$ (dB)	25,16	-24,84	-24,84

Bibliografía

ETSI EN 201 980; Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification.

Anexo 4

Fundamentos técnicos para la planificación del sistema C de radiodifusión sonora digital (Radio de alta definición HD Radio) en la banda II de ondas métricas

1 Introducción

La configuración híbrida de radio de alta definición utiliza las actuales atribuciones de la Banda II de ondas métricas e incorpora nuevos servicios de audio y datos junto con la MF analógica existente. La implementación del IBOC preserva la transmisión analógica que utiliza la asignación de frecuencias principal y añade señales digitales de bajo nivel inmediatamente adyacentes a la señal analógica. Estas señales digitales inmediatamente adyacentes a la analógica pueden estar a cualquiera de los lados de la señal analógica o a ambos. Este caso, como se ha mencionado anteriormente, se conoce como IBOC (In-Band On-Channel) y se define como Sistema C en la Recomendación UIT-R BS.1114.

El IBOC, implementado por el sistema de radio HD, mantiene la potencia de la señal analógica y, a su vez, añade portadoras digitales dentro de un ancho de banda controlado y a niveles de potencia reducidos. Este diseño permite ajustar el ancho de banda y la potencia de la señal digital, permitiendo un equilibrio controlable entre la cobertura de la señal digital y la disponibilidad del canal adyacente.

Para desplegar el sistema de radio FM HD en la Banda II de ondas métricas, se puede considerar cierta calidad en la recepción.

En el presente Anexo se resumen los requisitos para lograr una calidad de recepción adecuada. El análisis se basa en las directrices de los documentos de requisitos aplicables. Como medida complementaria y cuando proceda, el análisis se basa también en otros documentos de orientación y prácticas aplicables de las Regiones 1, 2 y 3 de la UIT y de EE.UU.

2 Configuraciones y definiciones

El sistema HD Radio está diseñado para adoptar numerosas configuraciones. Las configuraciones permiten diferentes ajustes del ancho de banda, posicionamiento de frecuencia, combinación de bandas y diferente caudal. Estas configuraciones se capturan en documentos normalizados, como NRSC-5-D u otros documentos de diseño. Si bien el sistema dispone de diversas configuraciones, sólo se ha implementado y propuesto inicialmente un subconjunto para su despliegue en las Regiones 1, 2 y 3 de la UIT. Sin embargo, en el futuro, se podrán implementar configuraciones adicionales que sean adecuadas para uno u otro emplazamiento. En el presente Anexo se describe brevemente un subconjunto de estas configuraciones junto con los parámetros de planificación y los aspectos de despliegue proporcionados.

2.1 Configuraciones del sistema HD Radio

Este análisis incluye las configuraciones que se consideran adecuadas para el despliegue inicial en las Regiones 1, 2 y 3 de la UIT. En el futuro, podría considerarse la posibilidad de desplegar configuraciones adicionales en las Regiones 1, 2 y 3 de la UIT. El análisis se puede ampliar para incluir estas configuraciones adicionales.

El sistema puede configurarse para utilizar un bloque monofrecuencia que emplea un ancho de banda de la señal digital de 70 kHz o un bloque monofrecuencia que emplea un ancho de banda de la señal digital de 100 kHz. La configuración está definida por modos de sistema y proporciona varias combinaciones de canales lógicos, velocidades binarias y niveles de protección.

Cuando se configura para utilizar un bloque monofrecuencia que utiliza un ancho de banda de 70 kHz, el sistema puede configurarse en el modo MP9. A continuación, utiliza el canal lógico P1 y proporciona un caudal (velocidad binaria neta) de 98,3 kbit/s. La modulación empleada es MDP-4.

Cuando se configura para utilizar un bloque mono frecuencia que emplea un ancho de banda de 100 kHz, el sistema puede configurarse en el modo MP12 o el modo MP19, que permite un equilibrio entre el caudal (velocidad binaria neta) y la robustez. Cuando se configura en modo MP12, el sistema emplea el canal lógico P1 y se obtiene un caudal (velocidad binaria neta) de 98,3 kbit/s. Cuando se configura en modo MP19, el sistema emplea los canales lógicos P1 y P3, y se obtiene un caudal (velocidad binaria neta) de 122,9 kbit/s. Se emplea la modulación MDP-4.

El sistema HD Radio también soporta configuraciones conjuntas de dos bandas digitales. Estas dos bandas digitales se tratan como dos señales independientes, en el contexto de la planificación, la compartición y la compatibilidad para la Banda II. Las configuraciones conjuntas proporcionan mayor robustez o mayor caudal (velocidad binaria neta). Cuando se configura para utilizar un ancho de banda de 2×70 kHz, el sistema puede configurarse en el modo MP1. A continuación, utiliza el canal lógico P1 y se obtiene un caudal (velocidad binaria neta) de 98,3 kbit/s. Cuando se configura para utilizar un ancho de banda de 2×100 kHz, el sistema puede configurarse en el modo MP11. A continuación, utiliza los canales lógicos P1, P3 y P4 y se obtiene un caudal (velocidad binaria neta) de 147,5 kbit/s.

Las características esenciales de las configuraciones del sistema HD Radio (modos de funcionamiento) se resumen en el Cuadro 65.

CUADRO 65

Características de diversos modos operativos del sistema HD Radio

Modo del sistema	BW utilizado (kHz)	Velocidad binaria Total ⁽¹⁾	Canal P1		Canal P3		Canal P4		Observaciones
			Velocidad de código	Velocidad binaria ⁽¹⁾	Velocidad de código	Velocidad binaria ⁽¹⁾	Velocidad de código	Velocidad binaria ⁽¹⁾	Intervalo de entrelazado
MP9	70	98,3	4/5	98,3	–	–	–	–	P1: ~1.5 s
MP12	100	98,3	4/7	98,3	–	–	–	–	P1: ~1.5 s; retardo adicional de diversidad
MP19	100	122,9	4/5	98,3	1/2	24,6	–	–	P1: ~1.5 s; P3: ~3 s
MP1 ⁽²⁾	2 × 70	98,3	2/5	98,3	–	–	–	–	P1: ~1.5 s
MP11 ⁽²⁾	2 × 100	147,5	2/5	98,3	1/2	24,6	1/2	24,6	P1: ~1.5 s; P3/P4: ~3 s

⁽¹⁾ Las velocidades binarias corresponden al caudal (velocidad binaria «neta») de la capa de aplicación y no incluyen los encabezamientos utilizadas por la capa física.

⁽²⁾ Configuración conjunta de dos bloques de señales digitales para mejorar la calidad o las características. Se puede ajustar independientemente el nivel de potencia de los bloques digitales.

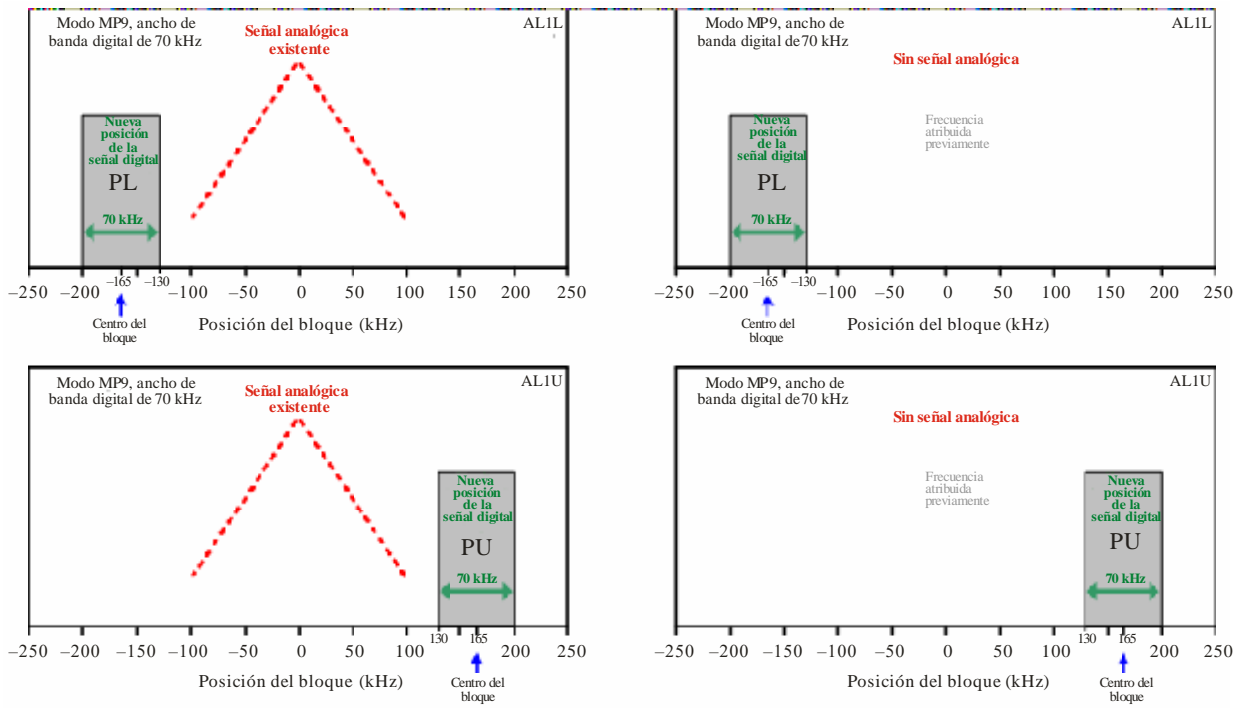
En el Cuadro 66 se indican parámetros adicionales de las señales del sistema HD Radio (capa física) para la Banda II en ondas métricas.

CUADRO 66

Parámetros de la capa física del sistema HD Radio

Nombre del parámetro	Valor calculado (redondeado)
Apertura del prefijo cíclico α	0,1586 ms
Duración de símbolos (con prefijo) T_s	2,902 ms
Número de símbolos por bloque	32
Duración del bloque T_b	9,288 ms
Número de bloques por trama	16
Duración de trama T_f	1,486 s
Separación de subportadoras MDFO Δf	363,4 Hz
Número de portadoras	Banda 70 band: 191 Banda 100 kHz: 267
Ancho de banda utilizado	Banda 70 kHz: 69,4 kHz Banda 100 kHz: 97,0 kHz

FIGURA 8
Ejemplos de posición de bloques digitales de 70 kHz en el sistema HD Radio



BS.1660-08

NOTA – PL y PU se utilizan para indicar la posición inferior y la posición superior (respectivamente) del bloque digital. La indicación es sólo por conveniencia y no indica una diferencia real en la señal.

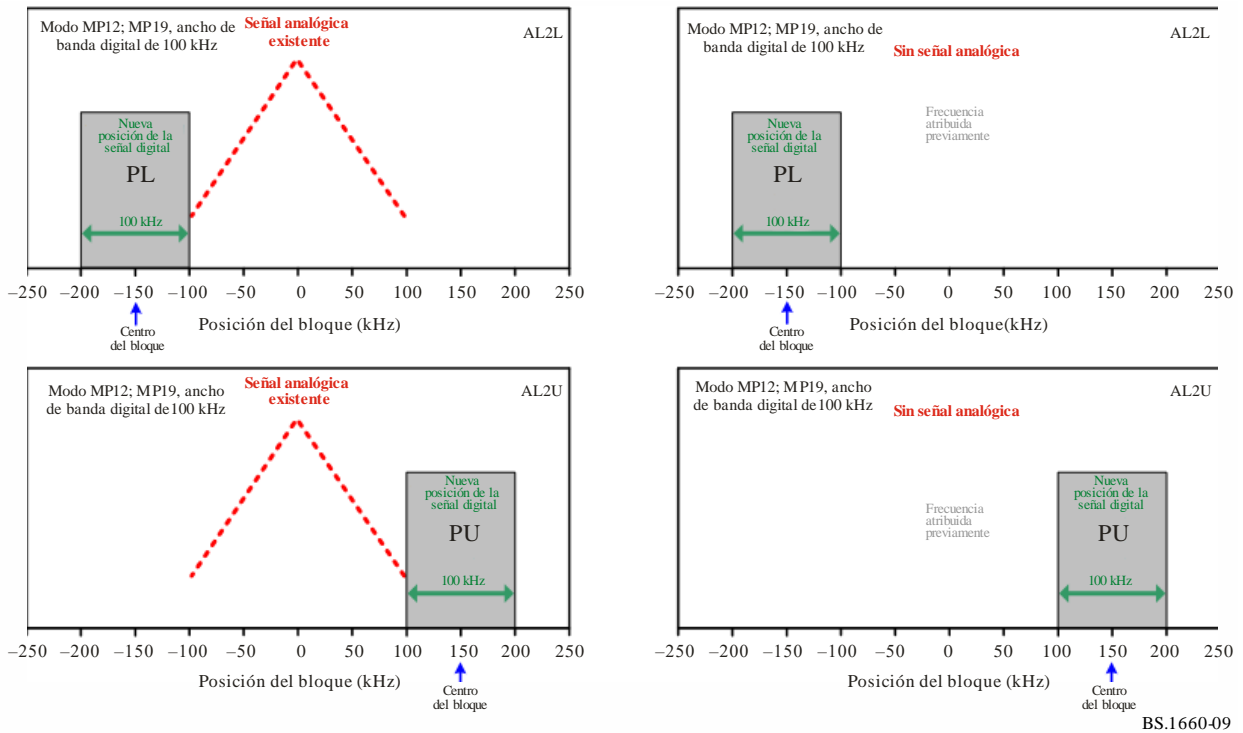
En los Estados Unidos de América, la trama fundamental de canales en la Banda II de ondas métricas se basa en una separación de 200 kHz. El sistema HD Radio parte del supuesto de que los bloques de señales digitales se encuentran en posiciones predefinidas. Como se observa en los diagramas de las Figs. 8 y 9, estas posiciones no están centradas en la trama de 200 kHz sino en el medio. Hay que tener en cuenta que la posición de bloque de 0 kHz en las figuras siguientes corresponde a la frecuencia analógica de referencia para la señal de HD Radio.

La frecuencia analógica de referencia puede representar una señal analógica real del anfitrión cuando funciona en configuración híbrida y utiliza una composición de dos señales (una analógica y una digital) o de tres señales (una analógica y dos digitales). La frecuencia de referencia analógica puede representar la frecuencia central de una banda vacante de una señal anfitrión analógica existente anteriormente, mientras que el sistema funciona en todas las configuraciones digitales. Tal referencia también demuestra que la transición de una configuración híbrida a todas las configuraciones digitales no tiene por qué cambiar la asignación o configuración de la señal digital. En la práctica, se espera un incremento posterior de la potencia de la señal digital.

Las configuraciones adicionales permiten la composición de señal ampliada, en la que se utilizan conjuntamente dos bloques digitales de 70 kHz cada uno, como se muestra en la Fig. 10, o dos bloques de señales digitales de 100 kHz cada uno, como se muestra en la Fig. 11, con el fin de obtener más opciones para el equilibrio entre el caudal (velocidad binaria neta) y la robustez.

FIGURA 9

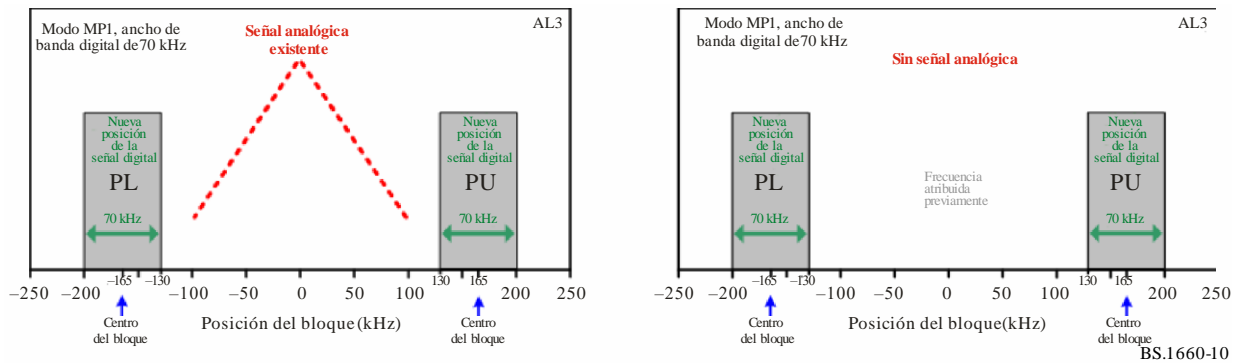
Ejemplos de posición de bloques digitales de 100 kHz en el sistema HD Radio



NOTA – PL y PU se utilizan para indicar la posición inferior y la posición superior (respectivamente) del bloque digital. La indicación es sólo por conveniencia y no indica una diferencia real en la señal.

FIGURA 10

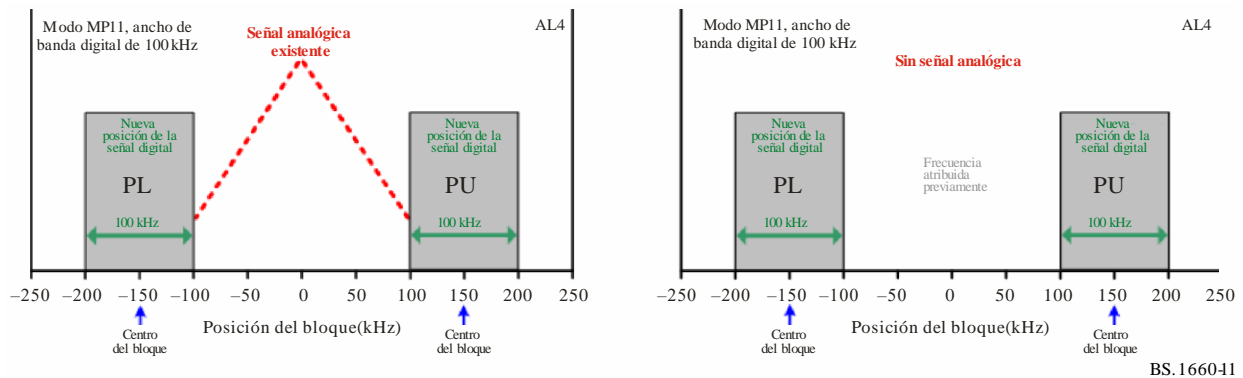
Ejemplos de posición de bloques digitales de 2x70 kHz en el sistema HD Radio



NOTA – PL y PU se utilizan para indicar la posición inferior y la posición superior (respectivamente) del bloque digital. La indicación es sólo por conveniencia y no indica una diferencia real en la señal.

FIGURA 11

Ejemplos de posición de bloques digitales de 2x100 kHz en el sistema HD Radio



BS.1660-11

NOTA – PL y PU se utilizan para indicar la posición inferior y la posición superior (respectivamente) del bloque digital. La indicación es sólo por conveniencia y no indica una diferencia real en la señal.

3 Parámetros de análisis

A continuación se presenta la calidad para diversos casos y condiciones de recepción. Las condiciones están relacionadas con el trayecto de la señal, el caso de recepción específico y la categoría del dispositivo receptor.

Para analizar adecuadamente la calidad de recepción de los diferentes modos y circunstancias de recepción, deben aplicarse ciertos factores de corrección a los cálculos de la intensidad de campo mínima requerida (mediana), que se corresponde con la potencia de la señal recibida. Los fundamentos para tales correcciones se establecen en [5]. Ahora bien, ciertos ajustes para los casos no contemplados en [5] se obtienen a partir de tecnologías y entornos relacionados, como se indica en su caso.

Los factores de corrección se pueden dividir en dos grupos. Un grupo está relacionado con el trayecto de la señal y el emplazamiento de recepción, siendo independiente de la implementación específica del receptor. El segundo grupo está relacionado con la metodología específica de diseño del receptor y debe analizarse en consecuencia.

3.1 Modos de recepción

Se puede distinguir un total de seis modos de recepción, a saber, fijo, portátil y móvil, donde la recepción portátil se subdivide en más modos.

La disponibilidad de recepción a la que se refiere la UIT en [5] y [2] tiene en cuenta ciertas gamas de percentiles en el tiempo y en el espacio, pero no trata de abordar los modos prácticos o la hipótesis de utilización con un percentil o requisitos mínimos específicos. Por lo tanto, el análisis se basa en las necesidades de disponibilidad de otras zonas de radiodifusión y tecnologías de radiodifusión relacionadas, así como las mejores prácticas, como se reconoce ampliamente.

3.1.1 Recepción fija (FX)

La recepción fija se define como la recepción en la que se utiliza una antena receptora instalada en el tejado (es decir, la recepción con antena fija). Para calcular los niveles de intensidad de campo requeridos para la recepción con antena fija, se supone una altura de antena receptora de 10 m sobre el nivel del suelo, conforme a [5] y [2]. Sin embargo, se considera insuficiente una probabilidad de emplazamientos del 50%, como se indica a menudo en [5]. En cambio, se supone una probabilidad de emplazamientos del 70% para obtener una situación de recepción «aceptable», como se propone en [13] y [12].

3.1.2 Recepción portátil

La recepción portátil se define como la recepción en la que se utiliza un dispositivo receptor portátil. Este tipo de dispositivo portátil puede ser de bolsillo, con antenas portátiles más pequeñas, de calidad limitada y a una elevación limitada sobre el nivel del suelo. Como se indica en [13] y [12], las diferentes combinaciones de antena y emplazamientos dan lugar a diferentes modos de recepción.

Se hace una distinción entre el emplazamiento en función de la velocidad y la antena empleada:

- Recepción portátil/de bolsillo en exteriores
 - Altura de 1,5 m o más sobre el nivel del suelo, en reposo o a velocidad reducida
 - Antena externa (es decir, telescópico, auriculares de cable, etc.) o antena integrada
- Recepción portátil/de bolsillo en interiores
 - Altura de 1,5 m o más sobre el nivel del suelo, en reposo o a velocidad reducida
 - Antena externa (es decir, telescópico, auriculares de cable, etc.) o antena integrada
 - A nivel del suelo, en una habitación con ventanas y una pared externa
- Se distingue entre el emplazamiento y la calidad de recepción percibida/deseada:
- Casi estática
 - Aproximadamente 0,5 m x 0,5 m, con antena subiendo hasta de 0,5 m
 - 99% de recepción
- Zona pequeña
 - Aproximadamente 100 m x 100 m
 - 95% de recepción
- Zona extensa
 - Consta de la suma de zonas pequeñas

3.1.3 Recepción móvil

La recepción móvil se define como la recepción por un receptor en movimiento, a velocidades que van desde aproximadamente 2 km/h y hasta 300 km/h. Las velocidades en la gama de 50 km/h a 60 km/h revisten especial interés, ya que pueden representar el movimiento vehicular urbano. Para esta categoría de recepción, se considera que la antena está adaptada y situada a 1,5 m o más sobre el nivel del suelo. Aunque no se trata específicamente en [5], pero se permite mediante una guía válida para los cálculos, se parte del supuesto de una probabilidad de emplazamientos de recepción del 99%, con el fin de garantizar una «buena» recepción. Esta opción se refrenda también en [13] y [12].

Para poder englobar todas las combinaciones indicadas utilizando el menor número posible de casos y, a su vez, hipótesis de recepción realistas, sólo se analizan los seis modos de recepción indicados en el Cuadro 67.

CUADRO 67

Definición de modos de recepción para el análisis de la calidad

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Tipo de antena	Fijo	Montado	Externa	Externa	Integrada	Integrada
Emplazamiento	Exteriores	Exteriores	Exteriores	Interiores	Exteriores	Interiores
Velocidad (km/h)	0 (estático)	2-150	2 (peatón)	0 (cuasiestático)	2 (peatón)	0 (cuasiestático)
Porcentaje de recepción	70%	99%	95%	99%	95%	99%

3.2 Factores de corrección relacionados con el emplazamiento de recepción

En esta sección se describen los fundamentos y los cálculos para los factores de corrección relacionados exclusivamente con el trayecto de la señal y el emplazamiento de recepción.

3.2.1 Frecuencia de referencia

Factores de corrección y análisis correspondiente para una frecuencia de referencia de $f = 100$ MHz.

3.2.2 Pérdidas en el alimentador

La pérdida en el alimentador L_f representa la atenuación de la señal que se produce desde la antena receptora hasta la entrada RF del receptor. Este fenómeno no se tiene en cuenta en [5] pero se examina específicamente en [13] para $f = 200$ MHz. Como, según se indica, son proporcionales a f^2 , se ajusta ulteriormente para la frecuencia de referencia, según el Cuadro 68.

CUADRO 68

Pérdidas en el alimentador en función del modo de recepción

	FX	MO	PO, PI, PO-H, PI-H
Longitud del cable (m)	10	2	0
Pérdidas en el alimentador, L_f (dB)	1,4	0,3	0

3.2.3 Pérdidas debidas a la altura

La altura efectiva de la antena receptora depende del modo de recepción. Para la recepción móvil y la recepción portátil, se supone una altura de la antena receptora de 1,5 m sobre el nivel del suelo (exterior) o sobre el nivel del suelo (interior). Los métodos de predicción de propagación comunes suelen proporcionar valores de intensidad de campo a 10 m. Para corregir el valor predicho de 10 m a 1,5 m sobre el nivel del suelo, debe aplicarse un factor de pérdidas por altura L_h (dB). La pérdida debida a la altura en la banda II de ondas métricas puede calcularse utilizando [5]. Sin embargo, la corrección propuesta puede aplicarse a las antenas en una posición específica, considerada aceptables para determinados casos de recepción portátil. Esta corrección pudiera no representar adecuadamente otros casos, como los dispositivos portátiles, en los que la posición de la antena (orientación espacial) varía e influye en la altura efectiva. En [12] se indican el caso más realista y las pérdidas aplicables a la banda II de ondas métricas. En el Cuadro 69 se indica el factor de corrección resultante de las pérdidas por la altura L_h para todos los modos de recepción.

CUADRO 69

Factor de corrección para las pérdidas debidas a la altura

	FX, MO, PO, PI	PO-H, PI-H
Pérdidas debidas a la altura, L_h (dB)	10	17

3.2.4 Pérdidas por penetración en edificios

La pérdida por penetración en edificios se refiere a la relación media entre la intensidad de campo media dentro de un edificio y la intensidad de campo media fuera del edificio, a la misma altura sobre el nivel del suelo. La UIT no ha formulado recomendaciones directas sobre los valores de pérdidas por penetración aplicables a la Banda II de ondas métricas. Las actividades y documentos más recientes [13] y [12] han dado lugar a valores recomendados para la Banda III de ondas métricas. Como se indica en [13], estos valores son aplicables a la amplia gama de frecuencias en la Banda III de ondas métricas. Por lo tanto, se supone que estos valores también son aplicables a la Banda II de ondas métricas, y se presentan en el Cuadro 70.

CUADRO 70

Factores relativos a las pérdidas por penetración en edificios

Pérdidas por penetración en edificios, L_b (dB)	Desviación típica de la pérdida por penetración en edificios, σ_b (dB)
9	3

3.2.5 Pérdidas de implementación

La pérdida de implementación, como se indica en la presente Recomendación, se refiere el factor de corrección de la potencia mínima de entrada para compensar el receptor no ideal. La selección de tal factor puede ser subjetiva. Para los receptores que son internamente espaciosos (es decir, los circuitos de recepción no están limitados significativamente por el tamaño del dispositivo) y sin restricción de potencia (es decir, tienen acceso constante o frecuente a una fuente de alimentación duradera), a menudo se considera que es de 3 dB.

Los receptores pequeños avanzados y altamente integrados, como los dispositivos de bolsillo y, en particular, la inclusión en teléfonos inteligentes, pueden experimentar mayores pérdidas de implementación. Estas pérdidas se deben a las pequeñas dimensiones físicas, a la capacidad limitada de la batería y a la coexistencia con varias funciones adicionales basadas en el hardware y las ondas radioeléctricas. Por lo tanto, se considera que las pérdidas de implementación, L_{im} , para tales receptores son de 5 dB. Las pérdidas de implementación por modo de recepción se presentan en el Cuadro 71.

CUADRO 71

Factor relativo a las pérdidas de implementación

	FX, MO, PO, PI	PO-H, PI-H
Pérdidas de implementación, L_{im} (dB)	3	5

3.2.6 Factor de corrección debido a la variabilidad del emplazamiento

Las pérdidas debidas a la variabilidad del emplazamiento se definen a menudo como el exceso de pérdidas en el trayecto sobre la zona de servicio del transmisor, debido a los efectos del terreno y a los obstáculos, además de un ensombrecimiento más local. En el examen de la variabilidad se refiere al terreno como una zona finita, representada por lo general por un cuadrado con una longitud lateral de 100 m a 1 km.

Las predicciones de intensidad de campo suelen especificarse para el 50% del tiempo y el 50% de los emplazamientos. Para obtener el valor de la intensidad de campo necesario para obtener una mayor probabilidad de emplazamientos, se ha aplicado un factor de corrección del emplazamiento, de conformidad con las Recomendaciones de la UIT, como se indica en [5].

3.2.6.1 Desviación típica de emplazamientos

Según se indica en [5], los valores de la desviación típica de la intensidad de la señal dependen de la frecuencia y el entorno, y los resultados de los estudios empíricos han mostrado que se produce una dispersión considerable. Los valores representativos para zonas de 500 m × 500 m vienen dados por la siguiente expresión:

$$\sigma_L = K + 1.3 \log(f) \tag{22}$$

donde:

σ_L : desviación típica de la distribución gaussiana de las medias locales en la zona estudiada (dB)

$K = 1,2$ para receptores con antenas por debajo de la altura del obstáculo en entornos urbanos o suburbanos de sistemas móviles con antenas omnidireccionales colocadas en la parte superior del vehículo

$K = 1,0$ para receptores con antenas en el tejado cerca de la altura del obstáculo

$K = 0,5$ para receptores en zonas rurales

f : frecuencia requerida (MHz).

La desviación típica de emplazamientos se ha calculado mediante la ecuación (22). Los efectos excesivos pueden ser resultado de diferentes escenarios según los distintos casos de movilidad, que podrían mitigarse de manera diferente según el receptor, se tienen en cuenta mediante cálculos separados para cada modelo de canal, por lo que no se incluyen aquí. La desviación típica calculada figura en el Cuadro 72.

CUADRO 72

Desviación típica de emplazamientos

Desviación típica para la radiodifusión digital, σ_L (dB)	
Emplazamientos urbanos y suburbanos	3,8
Emplazamientos rurales	3,1

3.2.6.2 Factor relativo a la distribución de emplazamientos

El factor de distribución se define como «distribución normal acumulativa complementaria inversa en función de la probabilidad». Se utiliza para corregir la desviación estándar para la probabilidad de emplazamientos deseada. En el Cuadro 73 se indica el factor de distribución aplicable a las probabilidades de localización indicadas para cada modo de recepción, tal como se recomienda en [5].

CUADRO 73

Factor relativo a la distribución de emplazamientos

	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Porcentaje de recepción	70%	99%	95%	99%	95%	99%
Factor de distribución, μ	0,52	2,33	1,64	2,33	1,64	2,33

Cabe señalar que, en lo que respecta a la recepción de señales, el sistema HD Radio considera que el 99% es una «buena» recepción en interiores, mientras que algunos otros planteamientos pueden requerir sólo el 95%. Esta mayor exigencia (del 99%) se traduce en un factor de distribución de 2,33 que es mayor que el 1,64 correspondientes a una recepción en interiores del 95%.

3.2.6.3 Desviación de emplazamiento ajustada

La desviación de emplazamientos, calculada para emplazamientos exteriores, debe ajustarse para la probabilidad de emplazamiento deseada y para cualquier entorno que no sea exterior.

Los modos de recepción incluyen la recepción en interiores. Se supone que las variaciones excesivas de la señal (es decir, superiores a la variación de emplazamientos exteriores), que se produce en la antena cuasiestática de interiores, se ve afectadas únicamente por la desviación por penetración en edificios; por consiguiente, se supone que la desviación de emplazamiento de la antena es la misma que la desviación por penetración en edificios. Se supone que la intensidad de campo exterior y la penetración del edificio son estadísticamente independientes, ambas con distribución logarítmica normal. Al igual que en los cálculos de [13], la desviación combinada puede calcularse mediante la ecuación (23):

$$\sigma_c = \sqrt{(\sigma_L^2 + \sigma_b^2)} \quad (23)$$

siendo:

σ_c : desviación típica combinada (dB).

Así, ajustar la desviación mediante el factor de distribución con arreglo a [5] se calcula mediante la siguiente ecuación (18):

$$\sigma_s = \mu \cdot \sqrt{(\sigma_L^2 + \sigma_b^2)} \quad (24)$$

siendo:

σ_s : desviación de emplazamiento ajustada (dB)

σ_L : desviación de emplazamiento en interiores (dB)

σ_r : desviación de emplazamiento de la antena (dB). Para recepción en exteriores $\sigma_r = 0$. Para recepción en interiores $\sigma_r = \sigma_b$.

Para reducir el número de cálculos, todos los modos de recepción se definen en zonas urbanas y suburbanas o, de lo contrario, se supone que la calidad es mayor en estas zonas que en las zonas rurales. Por lo tanto, se utiliza una corrección de emplazamiento $\sigma_L = 3,8$ dB para todos los casos, haciendo caso omiso de la corrección «inferior» de 3,1 dB que se aplica únicamente a las zonas rurales, según [5]. La desviación de emplazamiento ajustada calculada se muestra en la Cuadro 74.

CUADRO 74

Desviación de emplazamiento ajustada

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Porcentaje de recepción	70%	99%	95%	99%	95%	99%
Factor de distribución, μ	0,52	2,33	1,64	2,33	1,64	2,33
Desviación típica, σ_L	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Desviación específica del emplazamiento de la antena, σ_r	0	0	0	3	0	3
Desviación de emplazamiento ajustada, σ_s , (dB)	2	8,8	6,2	11,3	6,2	11,3

Cabe señalar que, en lo que respecta a la recepción de señales, el sistema HD Radio considera que el 99% es una «buena» recepción en interiores, mientras que algunos otros planteamientos pueden requerir sólo el 95%. Esta mayor exigencia (del 99%) se traduce en una desviación de emplazamiento ajustada de 11,3 dB que es mayor que los 7,9 dB correspondientes a una recepción en interiores del 95%.

3.2.7 Pérdidas de emplazamiento de recepción ajustadas

Las pérdidas totales del emplazamiento de recepción tienen en cuenta las pérdidas en el trayecto de la señal y la variabilidad de la señal según el emplazamiento de recepción. Ambos dependen de los modos de recepción. Los cálculos son los siguientes:

$$L_{r1} = \sigma_s + L_h + L_f + L_b \tag{25}$$

siendo:

L_{r1} : pérdidas totales del emplazamiento de recepción (dB).

Los resultados se resumen en el Cuadro 75.

CUADRO 75

Pérdidas de emplazamiento ajustadas

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Emplazamiento de la antena receptora	Exterior	Exterior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
Desviación de desplazamiento ajustada, σ_s , (dB)	2	8,8	6,2	11,3	6,2	11,3
Factor de pérdidas por altura, L_h	0	10	10	10	17	17
Pérdidas en el cable del alimentador L_f	1,4	0,3	0	0	0	0
Pérdidas por penetración en edificios L_b	0	0	0	9	0	9
Pérdidas totales en el emplazamiento de recepción, L_{r1} , (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3

Cabe señalar que, en lo que respecta a la recepción de señales, el sistema HD Radio considera que el 99% es una «buena» recepción en interiores, mientras que algunos otros planteamientos pueden requerir sólo el 95%. Esta mayor exigencia (del 99%) se traduce en unas pérdidas totales en el emplazamiento de 3,4 dB que es mayor que las correspondientes a una recepción en interiores del 95%.

3.3 Factores de corrección relacionados con el diseño

Esta sección sienta las bases para el método de cálculo de los factores de corrección relacionados con la metodología de diseño del receptor.

Los métodos de diseño del receptor, en el contexto específico de adaptarse mejor a la señal recibida para minimizar las pérdidas en el trayecto relacionadas con la antena, pueden variar entre los distintos sistemas. Estos métodos se suelen caracterizar por una metodología de análisis y diseño diferente del sistema de antenas y de la interfaz RF. Se estableció un método distribuido tradicional, analizado en gran medida, aunque no por completo, en los documentos de referencia. Sin embargo, también se emplea un método integrado más reciente, que es necesario tener en cuenta.

El método distribuido examina por separado la antena y la interfaz RF. Para cada modo de recepción y su estructura de antena aplicable, se proporcionan el análisis y las referencias numéricas mediante cálculos o mediciones. En consecuencia, se proporcionó un conjunto de diferentes ganancias de antena, seguidas de diferentes conjuntos de pérdidas por adaptación (u otro tipo de desajuste), y luego seguidas de un ruido artificial admisible en combinación con un factor de ruido discreto (indicado por separado) del receptor.

El enfoque integrado sigue una metodología de diseño más reciente, en la que una antena, seguida (facultativamente) por circuitos de adaptación dinámicamente ajustables y, a continuación, un amplificador de bajo ruido (ABR), se integran total o parcialmente. Con independencia de si la antena está o no realmente integrada, puede estar adaptada constantemente (es decir, dinámicamente) y, por consiguiente, puede considerarse que toda la cadena tiene un valor de ganancia, pero una cifra de ruido global diferente. Los cálculos aplicables y los valores específicos de este método se utilizan en el presente documento para calcular la mínima intensidad de campo media.

3.3.1 Factores de corrección para la metodología integrada

A efectos de los cálculos de sensibilidad, las antenas suelen estar representadas por ganancias, y luego se conectan a los receptores con un factor de ruido calculado por separado. Varios métodos de diseño y análisis tradicionales, así como ciertas mediciones, se refieren a la ganancia total por un solo factor. Luego, sólo se aplica el factor de ruido del ABR (denominada factor de ruido del receptor) a los cálculos de ganancia y ruido global. Sin embargo, la ganancia de antena consiste en la ganancia de la estructura física fija, que puede calcularse, y la componente de ganancia adicional (atenuación típica) que depende de los circuitos conectados. Mientras que la ganancia física positiva superior a 0 dBi ($-2,2$ dBd) corresponde a los diagramas de radiación, las ganancias negativas están relacionadas con el deterioro de la eficacia de la antena, que suele ser debido al desajuste entre la antena y el receptor, como se describe en [12].

Las técnicas avanzadas de implementación del receptor pueden emplear circuitos dinámicamente ajustables que mejoran la adaptación de la red de entrada del receptor, incluyendo el ABR. Por consiguiente, para tales implementaciones puede resultar útil calcular el factor de ruido combinado del sistema receptor, resultante de la red de entrada del receptor, manteniendo separada la ganancia de la antena física. A continuación, se utiliza la ganancia de antena física de referencia (por lo general, la menor ganancia real) y cualquier atenuación adicional de la antena se expresa mediante un factor de ruido combinada. Cuando se dispone de una mayor ganancia de antena física, se puede utilizar para ajustar los cálculos, sin afectar a los cálculos del factor de ruido combinado.

El efecto de los circuitos de adaptación sobre el ruido global, o sobre la ganancia de la antena integrada, puede obtenerse del Adjunto 1. Los ajustes necesarios para la ganancia física de la antena se describen con más detalle en esta sección.

3.3.1.1 Ajuste de la ganancia de la antena

La sensibilidad (intensidad de campo requerida) basada en el factor de ruido total del sistema receptor, suponiendo que la ganancia de antena es de 1,5 (elemento isótropo «físico neto» de 1,8 dBi/-0,4 dBd, independiente de la pérdida por ajuste), tal como se indica en el Adjunto 1. Por consiguiente, el factor de corrección de la ganancia de antena Δ_{AG} se aplica cuando el elemento físico es diferente (sensiblemente mayor). Para la recepción fija, se utiliza una ganancia de antena de 4 dBd, como se recomienda en [14]. En todos los demás modos de recepción, no se dispone de ganancias de antena físicas y, por ende, se supone que no tienen ganancia respecto de la antena de referencia.

En el Cuadro 76 se indica la corrección de la ganancia de antena aplicable a todos los modos de recepción.

CUADRO 76

Corrección de la ganancia física

	FX	MO, PO, PI, PO-H, PI-H
Corrección de la ganancia de antena, Δ_{AG} , (dB)	4,4	0

3.3.1.2 Tolerancia al ruido artificial

La tolerancia al ruido artificial, P_{mmn} (dB), tiene en cuenta el efecto del ruido artificial recibido por la antena sobre la calidad del sistema.

El método tradicional para calcular cierto ruido de antena F_a se describe en [15] y también se indica en [13]. Sin embargo, estos valores se basan en mediciones realizadas en 1974, en entornos de radiofrecuencia completamente diferentes y con diferentes métodos de implementación del sistema de antenas, que ya no pueden considerarse realistas y, por lo tanto, no son aplicables para calcular de manera fiable la tolerancia al ruido artificial.

El método descrito en [15] muestra el factor de ruido de antena externa y, por separado, el factor de ruido del receptor (a diferencia de los sistemas integrados). Este método tiene en cuenta la ganancia de antena para el cálculo de P_{mmn} . Aunque puede ser aplicable a las ganancias positivas que guardan relación con los diagramas de radiación de la antena, quizá no sea adecuado para las ganancias negativas de la antena que suelen estar relacionadas el ajuste entre la antena y el receptor (normalmente la sección ABR). La metodología basada en el sistema de receptor integrado reduce ese problema.

Estudios más recientes (2001-2003) realizados por OFCOM, como se indica en [16] y [17], y por otros en [18], muestran que el ruido podría ser sustancialmente mayor en la realidad. Por ejemplo, a efectos del cálculo de la tolerancia al ruido artificial, se obtiene un valor de F_a de referencia de 21 dB (equivalente a una temperatura de ruido de 360 000 K aproximadamente) para 100 MHz a partir de OFCOM [17] y corresponde a un entorno rural «tranquilo». Las mediciones de ese entorno dieron como resultado la desviación típica más pequeña y pueden considerarse la más repetitiva. Ese valor más alto y mucho más realista se utiliza para los modos de recepción.

En [12] se utiliza un método similar de ajuste de la tolerancia al ruido artificial para los casos en que las pérdidas en la antena son considerables (es decir, elevadas pérdidas de NF integradas), método que también se utiliza en el presente Anexo.

Aplicando la metodología de [12] a una antena con una ganancia superior a -2,2 dBd se obtiene un P_{mmn} de 14,1 dB. Este se considera aplicable a los casos en los que la estructura del sistema receptor

está razonablemente controlada físicamente, como en el caso de una instalación fija, en vehículos y de dispositivos portátiles de mayor tamaño.

La aplicación de una metodología ajustada en [12] a los dispositivos portátiles que emplean un sistema de antenas con una ganancia considerablemente menor o una NF equivalente alta (aplicable a la metodología de los sistemas integrados) no produce un P_{mmn} realista y considerable.

El P_{mmn} aplicado se indica en el Cuadro 77.

CUADRO 77

Tolerancia al ruido artificial del diseño integrado

	FX, MO, PO, PI	PO-H, PI-H
Tolerancia al ruido artificial, P_{mmn} , (dB)	14,1	0

3.4 Modelos de canal y márgenes de desvanecimiento

En el Adjunto 2 se describen los modelos específicos de canales (desvanecimiento) aprobados por la EIA utilizados en este análisis. El intento de abordar todos los modos de recepción junto con los posibles modelos de canal puede dar lugar a un número significativo de combinaciones, prolongando así el trabajo de análisis. Con fines específicos de proporcionar parámetros de planificación y con el fin de examinar todas las combinaciones utilizando el menor número posible de casos de análisis, el análisis presenta los casos más exigentes (en términos de la relación C/N requerida y la intensidad de campo resultante), suponiendo no obstante que también se contabilizan los casos menos exigentes. Por ejemplo, se puede suponer que la recepción en condiciones de desvanecimiento lento urbano es más exigente que la recepción en un entorno suburbano bajo esas mismas condiciones; por lo tanto, sólo hay que analizar el caso de la utilización del modelo de desvanecimiento lento urbano. En otro ejemplo, si bien se considera el perfil multitrayecto urbano en comparación con el perfil multitrayecto suburbano, puede suponerse que la recepción en condiciones de desvanecimiento rápido urbano (60 km/h) es más exigente que la recepción en condiciones de desvanecimiento rápido suburbano (150 km/h); por lo tanto, sólo se analiza a efectos de planificación el caso de la utilización del modelo de desvanecimiento rápido urbano.

De acuerdo con el análisis de un número reducido de casos, en el Cuadro 78 se presentan los modos de recepción y las combinaciones de modelos de canales a efectos de planificación (a los que se hace referencia por sus símbolos en el apéndice 2).

CUADRO 78

Definición de modos de recepción y modelos de canales

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Tipo de antena	Externa	Externa	Externa	Externa	Integrado	Integrado
Emplazamiento de la antena	Exterior	Exterior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
Entorno	Suburbano/ Urbano	Suburbano/ Urbano	Suburbano/ /Urbano	Suburbano/ Urbano	Urbano	Urbano
% de recepción	70%	99%	95%	99%	95%	99%

CUADRO 78 (fin)

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Velocidad de análisis, (km/h)	0 (estática)	60 (conducción)	2 (peatón)	0 (cuasiestática)	2 (peatón)	0 (cuasiestática)
Modelo del canal de análisis	FXWGN	UFRM	USRM	FXWGN	USRM	FXWGN

4 Análisis de los requisitos de la intensidad de campo

4.1 Mínima C/N

Los cálculos de la relación C/N para varios casos de recepción se realizaron con varios modelos de canales. Con una vasta experiencia en receptores de radio HD comerciales, se ha observado la correlación de los modelos con las condiciones reales de recepción. Por consiguiente, se proporcionan a efectos de planificación los modelos con mayor impacto en la calidad (es decir, que requieren una mayor relación C/N).

Se proporcionan valores de C/N ($f = 100$ MHz) para una BER decodificada media de $0,5 \times 10^{-4}$ como valor de referencia para la prestación de servicios.

Al considerar el método de los parámetros de planificación indicado en [12] y basado en casos de utilización posibles (y reales) de varios tipos de receptores HD Radio, se parte de los siguientes supuestos a efectos de la planificación:

- 1) Los receptores portátiles de bolsillo pueden utilizarse caminando o conduciendo. Las condiciones de desvanecimiento lento (hasta 2 km/h) pueden afectar a la recepción a una velocidad de peatón, mientras que las condiciones de desvanecimiento rápido (60 km/h) pueden afectar a la recepción al conducir. Cabe esperar que las condiciones de desvanecimiento urbano lento tengan un efecto mucho más grave en la recepción que las condiciones de desvanecimiento rápido y, por ende, para fines de planificación se utilizarán las primeras.
- 2) Los receptores portátiles pueden utilizarse en condiciones cuasiestáticas (0 km/h) o durante la conducción. Debido a su mayor factor de forma en comparación con los receptores de bolsillo, se parte del supuesto de que es probable que se utilicen para la recepción cuasiestática. Por lo tanto, para fines de planificación se utiliza la recepción cuasiestática junto con los receptores portátiles.
- 3) Para los receptores móviles, es más probable que se utilicen sobre todo en zonas urbanas. Además, los cálculos y las pruebas reales no han mostrado una diferencia significativa de su efecto en la recepción entre condiciones urbanas (60 km/h) y rurales (150 km/h). Por lo tanto, para efectos de planificación se utiliza el análisis de las condiciones de recepción urbana, que emplea perfiles multitrayecto más agresivos.

En el Cuadro 79 se indican los casos (y modelos) y su correspondiente relación requerida Cd/N_0 (relación entre la potencia digital y la densidad de ruido) analizados a los efectos de planificación.

CUADRO 79

Valor de C/N del receptor HD Radio requerido para diversos modos de recepción

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Símbolo del modelo del canal	FXWGN	UFRM	USRM	FXWGN	USRM	FXWGN
Entorno	Fijo	Urbano	Urbano	Interior	Urbano	Interior
Velocidad (km/h)	0	60	2 (peatón)	0 (cuasiestática)	2 (peatón)	0 (cuasiestática)
MP9 <i>Cd/N₀ requerida (dB-Hz)</i>	55,3	59,7	64,3	55,3	64,3	55,3
MP12 <i>Cd/N₀ requerida (dB-Hz)</i>	54,4	58,5	62,5	54,4	62,5	54,4
MP19 <i>Cd/N₀ requerida (dB-Hz)</i>	56,8	61,2	65,8	56,8	65,8	56,8
MP1 <i>Cd/N₀ requerida (dB-Hz)</i>	53,8	57,2	61,3	53,8	61,3	53,8
MP11 <i>Cd/N₀ requerida (dB-Hz)</i>	56,3	58,7	62,8	56,3	62,8	56,3

4.2 Factor de ruido del receptor integrado

En el Cuadro 80 se muestra el factor de ruido del sistema del receptor HD Radio para los cálculos del presupuesto del enlace, basada en cálculos y ciertas implementaciones. Teniendo en cuenta la constante miniaturización e integración de los dispositivos, se cree que para la recepción portátil, tanto la antena externa (auricular) como la antena integrada interna deben considerarse a efectos de planificación.

Los cálculos de la figura de ruido integrada emplean valores prácticos conservadores, de acuerdo con la metodología de antena para la transferencia de máxima tensión (al LNA), como se indica en el Apéndice 1 y en [19].

En los dispositivos portátiles, se supone que las limitaciones de potencia dan lugar a cifras de ruido LNA que pueden ser ligeramente superiores (aproximadamente 1 dB) a las cifras de ruido LNA para la recepción fija o automotriz, que pueden no tener limitaciones de potencia.

En los dispositivos de mano, la mejor adaptación de antena posible puede verse afectada por las dimensiones limitadas de los elementos radiantes, los elementos variables y la orientación espacial variable, lo que puede dar lugar a unas cifras de ruido integrado relativamente elevadas. En todos los demás casos (en los que la antena física, la estructura del receptor y su orientación espacial pueden considerarse estables y razonablemente definidas), se supone que la red de adaptación de antenas logra la mejor adaptación necesaria para la transferencia de máxima tensión, lo que da lugar a valores que pueden ser comunes a los del receptor únicamente, como se indica en [12].

CUADRO 80

Factor de ruido global del sistema receptor HD Radio

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Tipo de antena	Fija externa	Adaptada	Telescópica externa/ auricular	Telescópica externa/ auricular	Interna	Interna
Factor de ruido del sistema receptor (dB)	7	7	8	8	25	25

La sensibilidad (intensidad de campo requerida) basada en el factor de ruido global del sistema receptor ya asume una ganancia de la antena de 1,5 (elemento isótropo «físico neto», separado de las pérdidas por ajuste), mientras que todas las pérdidas se incluyen en el factor de ruido. Por consiguiente, el factor de corrección de la ganancia de antena Δ_{AG} se aplica sólo cuando el elemento físico es diferente (notablemente más grande).

4.2.1 Potencia del ruido de entrada en el receptor

Esta sección no incluye ningún valor operativo y tiene por único objeto reiterar que este enfoque tradicional es irrelevante para los cálculos de intensidad de campo de HD Radio, ya que se utiliza un planteamiento del factor de ruido integrado.

4.3 Mínimo valor de la intensidad de campo deseada para la planificación

Los cálculos de la mínima intensidad de campo media requerida están en consonancia con el método integrado, tal como se describe en el Adjunto 1.

En ciertas configuraciones (es decir, modos de sistema) en las que están activos los dos canales P1 y P3/P4, y en las que los requisitos de intensidad de campo para el canal P1 y para los canales P3/P4 son diferentes, se utilizan los requisitos más exigentes (mayor C/N) para la planificación y se proporcionan en las tablas de esta sección.

La mínima intensidad de campo media E_{med} para el sistema HD Radio se indica en los Cuadros 81 a 85.

Cabe señalar que, si bien los cálculos se ajustan a las directrices de la UIT indicadas en las secciones respectivas del presente Anexo, los valores seleccionados tienen por objeto garantizar una recepción adecuada en condiciones reales. Cabe destacar específicamente lo siguiente:

- El planteamiento del sistema HD Radio en cuanto a la recepción de la señal consiste en considerar el 99% como «buena» recepción en interiores, mientras que los planteamientos para otros sistemas consideran sólo el 95% de la recepción en interiores, lo que puede dar lugar a una recepción inadecuada. Este requisito más elevado (del 99%) se traduce en considerar una intensidad de campo de 3,4 dB superior a la intensidad de campo para la recepción en interiores de sólo el 95%. Esto es relevante para los modos de recepción PI y PI-H (y se refleja en mayores pérdidas totales de ubicación de recepción para estos modos).
- La vasta experiencia de la industria con receptores pequeños avanzados y muy integrados, como los de los dispositivos de bolsillo y, en particular, su inclusión en los teléfonos inteligentes puede requerir tener en cuenta mayores pérdidas de implementación que las correspondientes a las clases específicas de receptores (es decir, los de vehículos y los portátiles). Estas mayores pérdidas se traducen en considerar requisitos de intensidad de campo más elevados, 2 dB superiores a la intensidad de campo de las clases específicas de receptores. Esto resulta pertinente para los modos de recepción PO-H y PI-H.

- Los avances tecnológicos de las últimas décadas han dado lugar a un aumento del ruido artificial, como se indica en varios documentos de referencia publicados. El planteamiento de análisis del sistema HD Radio emplea los datos de ruido artificial desde el año 2000, mientras que los planteamientos de otros sistemas pueden tener en cuenta otros datos de documentos de referencia establecidos desde 1974 o incluso antes. El planteamiento del sistema HD Radio considera que estos datos antiguos son obsoletos y pueden dar lugar a una recepción inadecuada. La consideración de los datos de ruido artificial más elevados da lugar a que se tengan en cuenta unos requisitos de intensidad de campo 6,2 dB superiores al valor correspondiente al ruido artificial más bajo y potencialmente no realista. Esto resulta pertinente para todos los modos de recepción en exteriores: FX, MO, PO y PI.
- El planteamiento del análisis del sistema HD Radio considera que a menudo se utilizan en exteriores los receptores portátiles y de mano tanto en velocidad de peatón como de conducción. Las condiciones de recepción adversas a la velocidad de peatón se consideran mucho más exigentes (requieren una mayor relación C/N) debido a los efectos del desvanecimiento lento. Mientras que otros planteamientos de sistemas pueden considerar que el análisis a la velocidad de conducción es suficiente, el sistema HD Radio considera que a efectos de la planificación son más adecuados los requisitos de intensidad de campo para la velocidad de peatón. La consideración de la recepción a la velocidad de peatón da lugar a que se tengan en cuenta unos requisitos de intensidad de campo de hasta 4,6 dB superiores al valor considerado para la conducción. Esto resulta pertinente para todos los modos de recepción en exteriores PO y PO-H.

El análisis del sistema HD Radio para determinar los requisitos de intensidad de campo tiene en cuenta los casos de utilización más probables, junto con hipótesis conservadoras sobre las condiciones adversas del canal, el ruido ambiental (artificial) y los márgenes de despliegue. La consideración de parámetros menos conservadores o de datos obsoletos puede dar lugar a una posible reducción de más de 10 dB en los requisitos de intensidad de campo, lo que podría causar una planificación inadecuada y, por consiguiente, a una recepción inadecuada.

CUADRO 81

**Mínima intensidad de campo medio en el modo MP9 de HD Radio
respecto de otros modos de recepción**

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP9 Cd/N_0 requerida (dB-Hz)	55,3	59,7	64,3	55,3	64,3	55,3
Corrección de ganancia de la antena, Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
Pérdidas en el emplazamiento de recepción, L_{r1} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Pérdidas de implementación, L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
Factor de ruido del sistema receptor (dB)	7	7	8	8	25	25
Tolerancia al ruido artificial, P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Mínima intensidad de campo media (dB μ V/m)	19,9	44,4	47,1	52,2	59,0	64,1

CUADRO 82

**Mínima intensidad de campo medio en el modo MP12 de HD Radio
respecto de otros modos de recepción**

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP12 Cd/N_0 requerida (dB-Hz)	54,4	58,5	62,5	54,4	62,5	54,4
Corrección de ganancia de la antena, Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
Pérdidas en el emplazamiento de recepción, L_{rl} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Pérdidas de implementación, L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
Factor de ruido del sistema receptor (dB)	7	7	8	8	25	25
Tolerancia al ruido artificial, P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Mínima intensidad de campo media (dB μ V/m)	19,0	43,2	45,3	51,3	57,3	63,2

CUADRO 83

**Mínima intensidad de campo medio en el modo MP19 de HD Radio
respecto de otros modos de recepción**

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP19 Cd/N_0 requerida (dB-Hz)	56,8	61,2	65,8	56,8	65,8	56,8
Corrección de ganancia de la antena, Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
Pérdidas en el emplazamiento de recepción, L_{rl} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Pérdidas de implementación, L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
Factor de ruido del sistema receptor (dB)	7	7	8	8	25	25
Tolerancia al ruido artificial, P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Mínima intensidad de campo media (dB μ V/m)	21,4	45,9	48,6	53,7	60,5	65,6

CUADRO 84

**Mínima intensidad de campo medio en el modo MP1 de HD Radio
respecto de otros modos de recepción**

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP1 Cd/N_0 requerida (dB-Hz)	53,8	57,2	61,3	53,8	61,3	53,8
Corrección de ganancia de la antena, Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
Perdidas en el emplazamiento de recepción, L_{r1} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Pérdidas de implementación, L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
Factor de ruido del sistema receptor (dB)	7	7	8	8	25	25
Tolerancia al ruido artificial, P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Mínima intensidad de campo media (dB μ V/m)	18,4	41,9	44,1	50,7	56,0	62,6

CUADRO 85

**Mínima intensidad de campo medio en el modo MP11 de HD Radio
respecto de otros modos de recepción**

Modo de recepción	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP11 Cd/N_0 requerida (dB-Hz)	56,3	58,7	62,8	56,3	62,8	56,3
Corrección de ganancia de la antena, Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
Perdidas en el emplazamiento de recepción, L_{r1} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Pérdidas de implementación, L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
Factor de ruido del sistema receptor (dB)	7	7	8	8	25	25
Tolerancia al ruido artificial, P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Mínima intensidad de campo media (dB μ V/m)	20,9	43,4	45,6	53,2	57,5	65,1

Adjunto 1 al Anexo 4

Cálculo del nivel mínimo de la intensidad de campo media – Método integrado

En el presente Adjunto se presentan los fundamentos para los cálculos de referencia, así como los pasos y las expresiones necesarios, para los sistemas que utilizan el método integrado para calcular la mínima intensidad de campo media.

Fundamentos para el cálculo de la mínima intensidad de campo de referencia

La sensibilidad del receptor, que es la mínima intensidad de campo de la señal requerida en la antena del receptor (E), se expresa en función de la detección C/N_0 requerida, el ruido, la longitud efectiva h_e de la antena (h_e es función de la resistencia a la radiación) y el circuito de adaptación de la antena $H_a(f)$. Para una determinada intensidad de campo de la señal E ($\mu\text{V}/\text{m}$) que incide en la antena, C/N_0 se expresa en función de la intensidad de campo, la longitud efectiva de la antena $h_e(f)$, la función de transferencia del filtro del circuito de antena (adaptada) $H_a(f)$ y la suma de las fuentes de ruido que comprenden N_0 .

NOTA – La expresión se proporciona para la antena de directividad realista más pequeña, que es la de un dipolo corto (longitud, $l \ll \lambda$) y tiene el valor de ganancia de 1,5 (1,76 dBi; -0,4 dBd). Cualquier ganancia superior a -0,4 dBd debe aplicarse por separado a los cálculos del presupuesto del enlace. Se supone que cualquier ganancia inferior a -0,4 dBd es el resultado de reducir la eficiencia causada por una red desadaptada y ya está incluida en los cálculos, como se indica en esta sección.

La potencia de la señal $C(\text{V}^2)$ aplicada a la entrada del ABR viene dada por:

$$C = \left[E(\mu\text{V} / \text{m}) \cdot 10^{-6} \cdot h_e(f) \cdot |H_a(f)| \right]^2 \quad (26)$$

La densidad espectral de potencia (PSD) de ruido a la entrada del ABR (para una antena de adaptación conjugada) en función del ruido ambiental y el factor de ruido del ABR (FRABR) viene dada por:

$$N_0 = \kappa \cdot T_0 \cdot R_{LNA} \cdot 10^{NF_{LNA}/10} + \kappa \cdot (T_{amb} - T_0) \cdot R_{LNA} \quad (27)$$

En cuanto a la temperatura de ruido (T_0), se parte del supuesto de $T_{amb} = T_0$. Asimismo, la entrada del ABR depende de la frecuencia y puede que no haya adaptación conjugada a la antena. La PSD de ruido conjugada es:

$$N_0(f) = \kappa \cdot T_0 \cdot \left[R_{LNA} \cdot \left(10^{NF_{LNA}/10} - 2 \right) + 4 \cdot \text{Re} \{ Z_{in}(f) \} \right] \quad (28)$$

Siendo Z_{in} la impedancia de entrada respecto de la entrada del ABR, incluida la impedancia de la entrada del ABR, y FRABR el factor de ruido del ABR. El factor de ruido del sistema receptor es la relación (en dB) del ruido total respecto del ruido producido por la resistencia de la radiación de la antena:

$$NF = 10 \cdot \log \left(\frac{\kappa \cdot T_0 \cdot \left[R_{LNA} \cdot \left(10^{NF_{LNA}/10} - 2 \right) + 4 \cdot \text{Re} \{ Z_{in} \} \right]}{4 \cdot \kappa \cdot T_0 \cdot R_a(f) \cdot |H_a(f)|^2} \right) \quad (29)$$

o lo que es equivalente:

$$NF = 10 \cdot \log(N_0) + 204 - 10 \cdot \log \left(4 \cdot R_a(f) \cdot |H_a(f)|^2 \right) \quad (30)$$

La relación entre la portadora y la densidad de ruido a la salida del ABR se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{C}{N_o} = \frac{[E(\mu V / m) \cdot 10^{-6} \cdot h_e(f) \cdot |H_a(f)|]^2}{N_o} \quad (31)$$

Que expresada en dB viene dada por:

$$C / N_o = 10 \cdot \log\left(\frac{C}{N_o}\right) = E(dBu) - 120 + 10 \cdot \log\left(h_e(f)^2 \cdot |H_a(f)|^2\right) - 10 \cdot \log(N_o) \quad (32)$$

o lo que es lo mismo:

$$C / N_o = E(dBu) + 78 + 10 \cdot \log\left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)}\right) - NF \quad (33)$$

Por consiguiente, la intensidad de campo requerida E (dBu) en función de la C/N requerida es:

$$E(dBu) = C / N_o - 78 - 10 \cdot \log\left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)}\right) + NF \quad (34)$$

Utilizando la longitud efectiva de la antena h_e en relación con su resistencia a la radiación R_a viene dada por:

$$h_e = 2 \cdot \sqrt{\frac{R_a \cdot A_e}{Z_0}} \quad (35)$$

siendo $A_e = \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} \cdot G$, $Z_0 = 120 \cdot \pi$, y $G = 1,5$ (1,8 dBi; -0,4 dBd) es la directividad constante de las antenas pequeñas ($h_e \ll \lambda$):

$$10 \cdot \log\left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{\lambda^2}{120 \cdot \pi^2} \cdot G\right) = 20 \cdot \log(\lambda) - 29 \quad (36)$$

Así, la intensidad de campo requerida, en función de λ y del factor de ruido del sistema receptor, viene dada por:

$$E(dBu) = C / N_o - 49 - 20 \cdot \log(\lambda) + NF \quad (37)$$

Determinación de la mínima intensidad de campo requerida

Para cada configuración del sistema y para cada modo de recepción, la relación C/N aplicable y el factor de ruido aplicable, siendo este último el factor de ruido integrado del sistema receptor en dB y C/N_0 es la relación entre la portadora y la densidad de ruido en dB-Hz.

Se podría utilizar la siguiente relación:

$$C / N_o = 10 \cdot \log\left(\frac{C}{N_o}\right) = SNR + 10 \cdot \log(BW_n) \quad (38)$$

siendo BW_n el ancho de banda de ruido del receptor (idealmente el ancho de banda de la señal).

Cuando $\lambda = 3$ m para 100 MHz, la mínima intensidad de campo requerida E_r viene dada por:

$$E_r(dBu) = C / N_o - 58.5 + NF \quad (39)$$

Ajuste de la ganancia física de la antena

Como el cálculo de referencia en la ecuación (39) utiliza la mínima ganancia realista, de -0,4 dBd, debe calcularse la diferencia para cualquier ganancia física superior indicada del modo siguiente:

$$\Delta_{AG} \text{ [dB]} = A_g \text{ [dB]} + 0,4 \tag{40}$$

siendo Δ_{AG} la corrección de la ganancia de la antena en dB.

Determinación de la mínima intensidad de campo media requerida

La mínima intensidad de campo media se calcula del modo siguiente:

$$E_{med} = E_r + MMN - \Delta_{AG} + L_{rl} + L_{im} \tag{41}$$

o bien:

$$E_{med} = C/N_0 - 58.5 + NF + MMN - \Delta_{AG} + L_{rl} + L_{im} \tag{42}$$

siendo:

- L_{rl} : pérdidas en el emplazamiento de recepción (dB)
- L_{im} : pérdidas de implementación (dB)
- MMN : tolerancia al ruido artificial, calculada con arreglo al método recomendado en [12], pero basado en el factor de ruido integrado en lugar de la ganancia de la antena.

**Adjunto 2
al Anexo 4**

Modelos de canal

Los modelos de canal incluidos en el presente Adjunto pueden aplicarse a los modos de recepción.

CUADRO 86

Modelo de canal para la recepción fija con ruido blanco gaussiano (FXWGN)

Rayo	Retardo (µsec)	Atenuación (dB)	Frecuencia Doppler (Hz)
1	0,0	0,0	0

CUADRO 87

Modelo de canal para multitrayecto Rayleigh lento en zona urbana (USRM)

Rayo	Retardo (µsec)	Atenuación (dB)	Frecuencia Doppler (Hz)
1	0,0	2,0	0,174 (a ~2 km/h)
2	0,2	0,0	
3	0,5	3,0	

CUADRO 87 (*fin*)

Rayo	Retardo (μsec)	Atenuación (dB)	Frecuencia Doppler (Hz)
4	0,9	4,0	
5	1,2	2,0	
6	1,4	0,0	
7	2,0	3,0	
8	2,4	5,0	
9	3,0	10,0	

CUADRO 88

Modelo de canal para multitrayecto Rayleigh rápido en zona urbana (UFRM)

Rayo	Retardo (μsec)	Atenuación (dB)	Frecuencia Doppler (Hz)
1	0,0	2,0	5,231 (a ~60 km/h)
2	0,2	0,0	
3	0,5	3,0	
4	0,9	4,0	
5	1,2	2,0	
6	1,4	0,0	
7	2,0	3,0	
8	2,4	5,0	
9	3,0	10,0	

CUADRO 89

Modelo de canal para multitrayecto Rayleigh rápido en zona rural (RFRM)

Rayo	Retardo (μsec)	Atenuación (dB)	Frecuencia Doppler (Hz)
1	0,0	4,0	13,08 (a ~150 km/h)
2	0,3	8,0	
3	0,5	0,0	
4	0,9	5,0	
5	1,2	16,0	
6	1,9	18,0	
7	2,1	14,0	
8	2,5	20,0	
9	3,0	25,0	

CUADRO 90

Modelo de canal para multitrayecto Rayleigh rápido en terrenos obstruidos (TORM)

Rayo	Retardo (µsec)	Atenuación (dB)	Frecuencia Doppler (Hz)
1	0,0	10,0	5,231 (a ~60 km/h)
2	1,0	4,0	
3	2,5	2,0	
4	3,5	3,0	
5	5,0	4,0	
6	8,0	5,0	
7	12,0	2,0	
8	14,0	8,0	
9	16,0	5,0	

**Adjunto 3
al Anexo 4**

Conversión IBOC de C/N_0 a S/N

La relación portadora/ruido, que a menudo se escribe como CNR o C/N , es la relación señal/ruido (S/N) de una señal modulada. La potencia de ruido N se suele definir en el ancho de banda de procesamiento (recepción) de la señal.

La relación portadora/densidad de ruido (C/N_0) es similar a la relación portadora/ruido, excepto que el ruido N_0 se define por unidad de ancho de banda de Hz.

Para el análisis, la potencia de modulación digital de la señal Cd se distingue a menudo de la potencia total de la señal C . Esto se utiliza, por ejemplo, en una señal IBOC híbrida de FM en la que la potencia Cd exclusivamente digital se distingue de la potencia C analógica de FM.

Ejemplo de conversión IBOC FM de Cd/N_0 a C/N o S/N digital

Para una configuración de sistema con un ancho de banda de la señal digital de 70 kHz,

$$SNR_{dB} \equiv (Cd/N)_{dB} = Cd_{dB} - N_{dB}$$

$$N_{dB} = No_{dB} + 10 \cdot \log(70 \text{ kHz}) = No_{dB} + 48,45 \text{ dB}$$

Es decir:

$$SNR_{dB} \equiv \left(\frac{Cd}{No}\right)_{dB} - 48,45 \text{ dB}$$

Bibliografía

- [1] Recomendación UIT-R BS.412-9 – Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas.
 - [2] Recomendación UIT-R BS.415-2 – Especificaciones mínimas de los receptores de radiodifusión sonora de precio módico.
 - [3] Recomendación UIT-R BS.599 – Directividad de las antenas de recepción en radiodifusión sonora en la banda 8 (ondas métricas).
 - [4] Recomendación UIT-R BS.704 – Características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de frecuencia para fines de planificación.
 - [5] Recomendación UIT-R BS.1114-7 – Sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para receptores en vehículos, portátiles y fijos en la gama de frecuencias 30-3 000 MHz.
 - [6] Recomendación UIT-R P.372-9 – Ruido radioeléctrico.
 - [7] Recomendación UIT-R P.1546 – Método determinístico para las predicciones de punto a zona de servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 MHz a 3 000 MHz.
 - [8] ITU RRC-84: Final Acts of the Regional Administrative Conference for the Planning of VHF Sound Broadcasting. Geneva, 1984.
 - [9] Brian Kroeger and Paul Peyla: Adaptive impedance matching (AIM) for electrically small radio receiver antennas. NAB. April 8, 2013.
 - [10] EBU-TECH 3317: Planning parameters for hand held reception.
 - [11] GE-06: Actas Finales de la Conferencia Regional de Radiocomunicaciones para la planificación del servicio de radiodifusión digital terrenal en partes de las Regiones 1 y 3, en las bandas de frecuencia 174-230 MHz y 470-862 MHz (CRR-06) – Anexo 3: Fundamentos técnicos y características.
 - [12] iBiquity Digital Corporation. Document Number SY_IDD_1011s. HD Radio Air Interface Design Description – Layer 1 FM.
 - [13] J. Rantakko, E. Lofsved, and M. Alexandersson. Measurement of Man-Made Noise at VHF. EMC Europe Workshop. 2005.
 - [14] RA(OfCom) AY 3952: Feasibility Study into the Measurement of Man-Made Noise. 2001.
 - [15] RA(OfCom) AY4119: Man-Made Noise Measurement Programme. 2003.
 - [16] U.S. National Radio System Committee NRSC-5-D: In-Band/On-Channel Digital Radio Broadcasting Standard.
 - [17] U.S.A FCC Title 47, Part 73, Section 73.215: Contour Protection for Short Spaced Assignment.
 - [18] U.S.A FCC MM Docket No. 99-325, 17 FCC RCD 19990: Digital Audio Broadcasting System and Impact on the Terrestrial Radio Broadcast Service, First Report and Order. October 10, 2002.
 - [19] U.S.A FCC MM Docket No. 99-325, DA 10-208, FCC RCD 10344: Digital Audio Broadcasting System and Impact on the Terrestrial Radio Broadcast Service, Order, Released January 29, 2010. Digital Power Increase for FM Stations Approved.
-