

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Informe UIT-R SM.2449-0**  
(06/2019)

## **Características técnicas de la transmisión inalámbrica de potencia por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles y análisis de su incidencia en los servicios de radiocomunicaciones**

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



## Prólogo

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

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

## Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en 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 los Informes UIT-R

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

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

*Nota: Este Informe UIT-R fue aprobado en inglés por la Comisión de Estudio conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2020

© UIT 2020

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

## INFORME UIT-R SM.2449-0

**Características técnicas de la transmisión inalámbrica de potencia por inducción  
sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles y análisis  
de su incidencia en los servicios de radiocomunicaciones**

(Cuestión UIT-R 210-3/1)

(2019)

ÍNDICE

*Página*

1	Introducción.....	2
2	Aplicaciones existentes para la carga por inducción de dispositivos móviles y portátiles que funcionan en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz.....	2
3	Normas internacionales relacionadas con las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz.....	2
4	Características técnicas y de funcionamiento de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz.....	3
	4.1 Características de funcionamiento.....	3
	4.2 Características técnicas.....	4
5	Análisis de la incidencia en los servicios de radiocomunicaciones.....	4
	5.1 Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 1.....	4
	5.2 Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 2.....	12
	5.3 Estudio sobre la incidencia de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en el servicio de aficionados.....	22
	5.4 Estudio sobre la incidencia de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en el servicio de radionavegación.....	28
	5.5 Estudio sobre la incidencia de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en el servicio de radionavegación aeronáutica.....	37
6	Conclusión.....	42
	Anexo 1 – Referencias.....	43
	Anexo 2 – Abreviaturas.....	45

## 1 Introducción<sup>1</sup>

Con el aumento de la demanda de dispositivos inalámbricos y de la movilidad mundial, las tecnologías de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) que se utilizan para alimentar dichos dispositivos han evolucionado y, actualmente, consumidores de todo el mundo pueden acceder a ellas con facilidad. El UIT-R llevó a cabo evaluaciones preliminares de diversas aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos, incluidos casos de usos, características técnicas generales y condiciones reglamentarias conexas en varios países. Esta labor se completó en respuesta a la Cuestión UIT-R 210-3/1 y se incluyó en el Informe UIT-R SM.2303, *Transmisión inalámbrica de potencia mediante tecnologías distintas de las de haces radioeléctricos*, así como en parte de la Recomendación UIT-R SM.2110.

El presente Informe tiene por objeto ampliar los trabajos existentes en materia de TIP por inducción sin haces radioeléctricos, específicamente para dispositivos móviles y portátiles en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz, con transferencias de potencia de hasta 15 vatios. Debido a las diferencias en materia de características de funcionamiento y gamas de frecuencias utilizadas, así al grado de información disponible, las aplicaciones de TIP sin haces radioeléctricos de mayor potencia, véanse las utilizadas para cargar vehículos eléctricos y electrodomésticos, quedan fuera del alcance del presente Informe. El objetivo de las conclusiones de este Informe es dar respuesta al *decide 2* de la Cuestión UIT-R 210-3/1, relativo a las medidas que cabe adoptar para reducir al mínimo las repercusiones en los servicios de radiocomunicaciones existentes y demostrar que estos dispositivos funcionan de conformidad con el número **15.12** del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).

## 2 Aplicaciones existentes para la carga por inducción de dispositivos móviles y portátiles que funcionan en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz

De acuerdo con el Informe UIT-R SM.2303-1, la tecnología de TIP por inducción puede aplicarse a dispositivos móviles y portátiles, como teléfonos inteligentes, tabletas y ordenadores portátiles. Tras la publicación de dicho Informe, la tecnología de TIP por inducción empezó a utilizarse para otros dispositivos portátiles, tales como relojes inteligentes y dispositivos de seguimiento de la condición física. Actualmente, existen aplicaciones autorizadas de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en varios países, que funcionan en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz.

La carga por inducción sin haces radioeléctricos suele requerir un contacto directo entre el dispositivo que se ha de cargar y la fuente de energía. Una vez que se establece el contacto directo y comienza la carga, se supone que la potencia de emisión es inferior a 15 vatios. Si ese contacto directo se interrumpe, el dispositivo deja de cargar; no obstante, este último puede emitir algo de energía únicamente con fines de detección. En el § 4 del presente Informe se describen con más detalle el funcionamiento y las características técnicas de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos que funcionan en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz.

## 3 Normas internacionales relacionadas con las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz

En el § 4 del Informe UIT-R SM.2303-1 se abordan diversas normas internacionales vigentes en materia de TIP por inducción sin haces radioeléctricos.

---

<sup>1</sup> En dos de las hipótesis de los estudios abordados en el presente Informe se tienen en cuenta las pérdidas debidas a la penetración en edificios, lo que, según el grupo responsable del UIT-R, puede aplicarse de forma limitada.

En general, las aplicaciones de TIP pueden considerarse industriales, científicas y médicas (ICM) (véanse los números **1.15** y **15.13** del RR), si no existe una comunicación de datos entre el cargador y el dispositivo que se ha de cargar. Sin embargo, muchas administraciones, en el marco de su reglamentación nacional del espectro, autorizan ciertas aplicaciones de TIP en virtud de normas asociadas a dispositivos de corto alcance o como aplicaciones exentas de licencia, por considerarlas emisores intencionales.

#### **4 Características técnicas y de funcionamiento de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz**

##### **4.1 Características de funcionamiento**

Las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos que permiten cargar dispositivos móviles y portátiles se utilizan principalmente en espacios interiores, como oficinas y hogares.

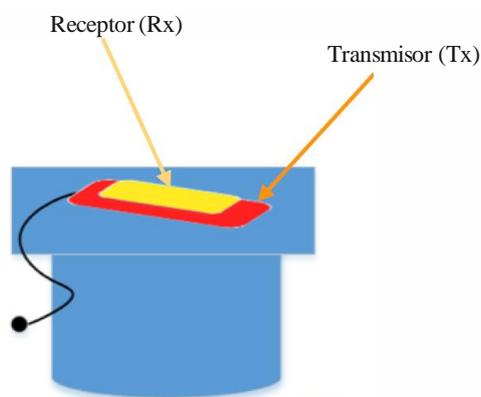
Generalmente, la actividad de carga se produce únicamente cuando el dispositivo que se ha de cargar se halla en contacto directo con la fuente de energía. Esta actividad suele limitarse a breves periodos y se concluye una vez que la batería del dispositivo está cargada. En el momento en que la batería está totalmente cargada, o el contacto directo se interrumpe, las emisiones disminuyen considerablemente.

Las aplicaciones incluidas en este informe están comercializadas y certificadas con arreglo a las normas de exención de licencias de la FCC<sup>2</sup>, por considerarse emisores intencionales para uso y venta en los Estados Unidos de América.

##### **4.1.1 Hipótesis de carga**

En el marco de las pruebas realizadas, se utilizaron tanto un cargador individual (véase la Fig. 1) como cinco cargadores individuales combinados (véase la Fig. 2).

FIGURA 1  
Representación del tipo de cargador individual característico de un entorno doméstico

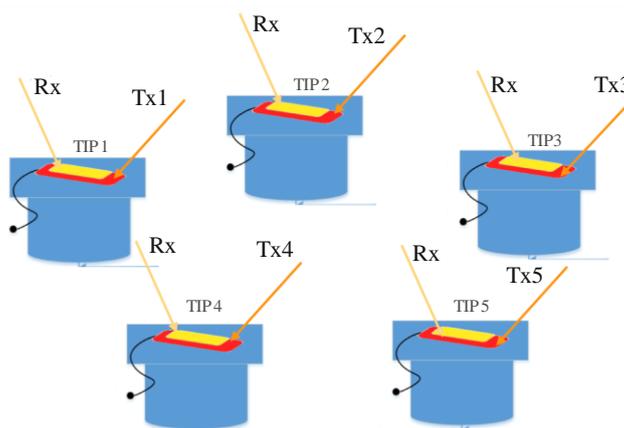


Informe SM.2449-01

<sup>2</sup> Véase 47 C.F.R. § 15 y 18 (2017).

FIGURA 2

Representación de una combinación de cargadores característica de un entorno de oficina



Informe SM.2449-02

## 4.2 Características técnicas

CUADRO 1

### Modo de funcionamiento

<b>Ancho de banda</b>	417 Hz			
<b>Nivel de potencia</b>	Fundamental = $-15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 300 m			
<b>Intensidad de campo</b>	Fundamental = $-15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 300 m			
<b>Contenido de armónicos</b>	<b>DA3</b>	<b>DA5</b>	<b>DA7</b>	<b>DA9</b>
	$-24 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 300 m	$8,9 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 30 m	$6 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 30 m	$4 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 30 m

## 5 Análisis de la incidencia en los servicios de radiocomunicaciones

De conformidad con el Artículo 5 del RR, la gama de frecuencias 100-148,5 kHz está actualmente atribuida a título primario a los servicios fijo, de radionavegación (incluida la radionavegación aeronáutica), móvil marítimo y de radionavegación marítima. Además, el servicio de aficionados cuenta con atribuciones a título secundario en las tres Regiones en la banda de frecuencias 135,7-137,8 kHz. El servicio de radiodifusión dispone de atribuciones a título primario en la Región 1 a partir de la banda de frecuencias 148,5-255 kHz.

### 5.1 Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 1

El servicio de radiodifusión funciona en las siguientes gamas de frecuencias:

- Región 1: 148,5-283,5 kHz y 526,5-1 606,5 kHz;<sup>3</sup>
- Región 2: 525-1 625 kHz (con arreglo al número 5.89);<sup>4</sup>
- Región 3: 526,5-1 606,5 kHz.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> El servicio de radiodifusión está sujeto al Plan establecido en virtud del Acuerdo Regional de Ginebra de 1975, que le atribuye la banda 148,5-283,5 kHz en la Región y la banda 1 526,5-1 606,5 kHz en las Regiones 1 y 3 (Ginebra, 1975).

<sup>4</sup> Número 5.89: en la Región 2, la utilización de la banda 1 605-1 705 kHz por las estaciones del servicio de radiodifusión está sujeta al Plan establecido por la Conferencia Administrativa Regional de Radiocomunicaciones (Río de Janeiro, 1988).

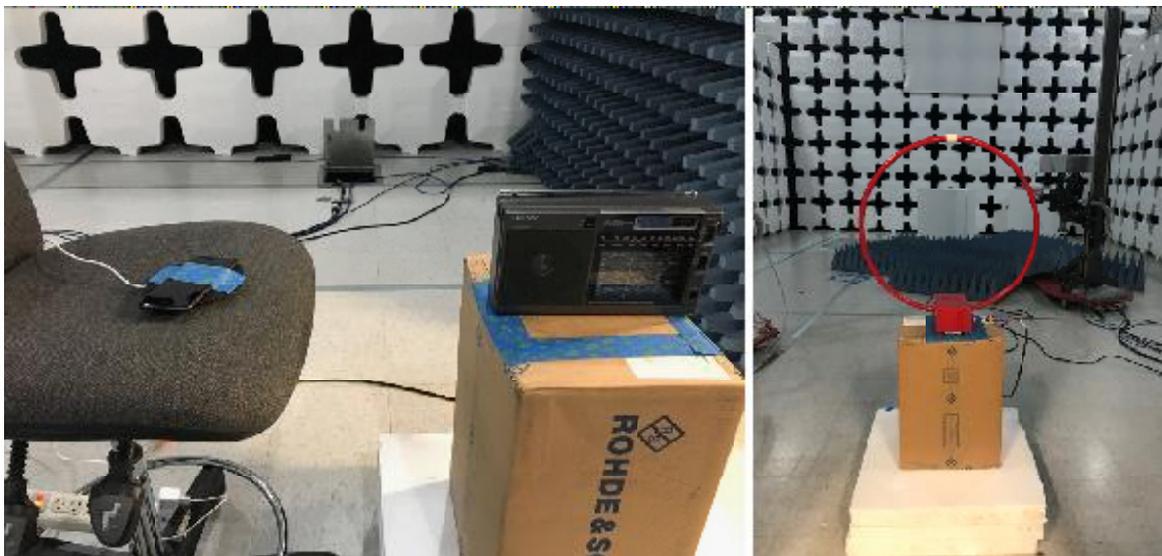
En las pruebas se utilizaron aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos operativas en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz. Las pruebas se llevaron a cabo en el canal de 810 kHz, esto es, el séptimo armónico de las aplicaciones de TIP. El canal de 810 kHz es el canal más cercano que cumple los requisitos mínimos de intensidad de señal para la radiodifusión en amplitud modulada (AM) en los Estados Unidos de América.

### 5.1.1 Configuración de prueba

En este estudio se utilizaron datos recopilados a través de una serie de pruebas realizadas en una cámara de ensayos segura de 3 m. En dicha ocasión, se probaron ocho cargadores de dispositivos móviles por inducción disponibles en el mercado, para detectar interferencias en dos receptores de radio AM también disponibles en el mercado. Los casos de uso combinado comprendieron la utilización simultánea de cinco de los ocho cargadores de dispositivos móviles.

La intensidad de campo se puso a prueba con una antena en cuadro apantallado. Para las mediciones tanto del caso de uso individual, como del caso de uso combinado, se utilizaron dos radios AM. La Fig. 3 *infra* ilustra la configuración del caso de uso individual.

FIGURA 3  
Configuración del laboratorio para el caso de uso individual

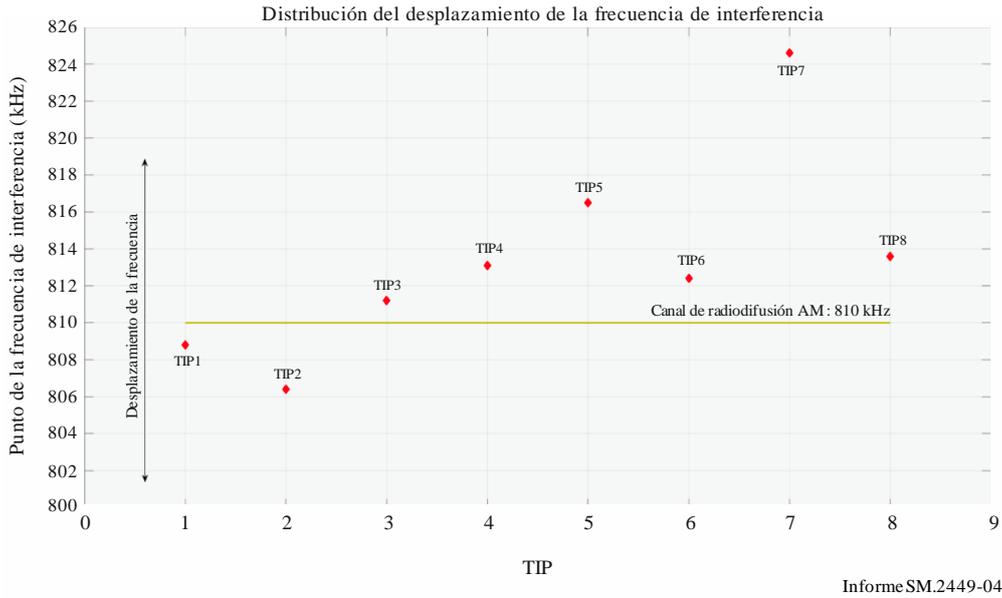


Informe SM.2449-03

### 5.1.2 Pruebas de audición subjetivas (uso individual y uso combinado)

En la presente sección se exponen los datos y resultados de las pruebas de audición subjetivas. La Fig. 4 muestra que el séptimo armónico de todos los cargadores inalámbricos se halla dentro de la gama de desplazamiento de frecuencias  $-4$  kHz  $\sim$   $+14,6$  kHz. Para los casos de uso combinado, los cargadores inalámbricos se situaron a unos 0,6 m de distancia entre sí, en torno al receptor AM.

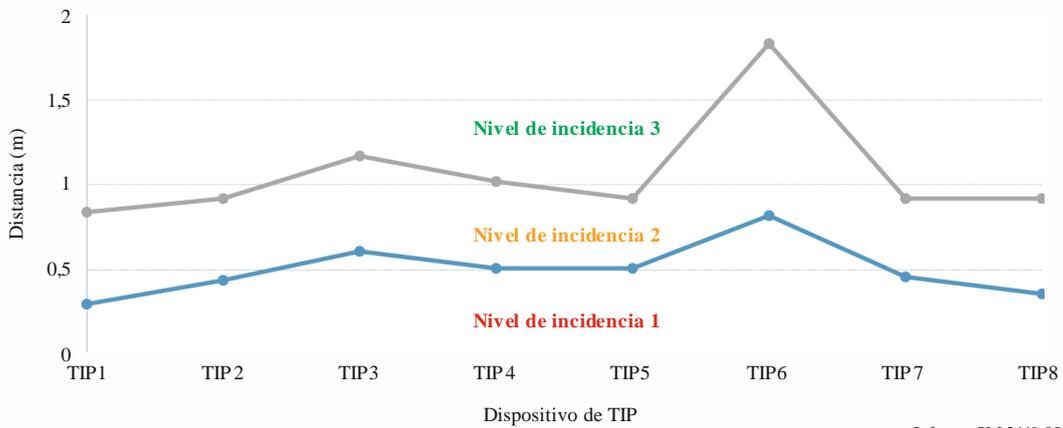
FIGURA 4  
**Distribución de frecuencias del 7º armónico de los cargadores inalámbricos**



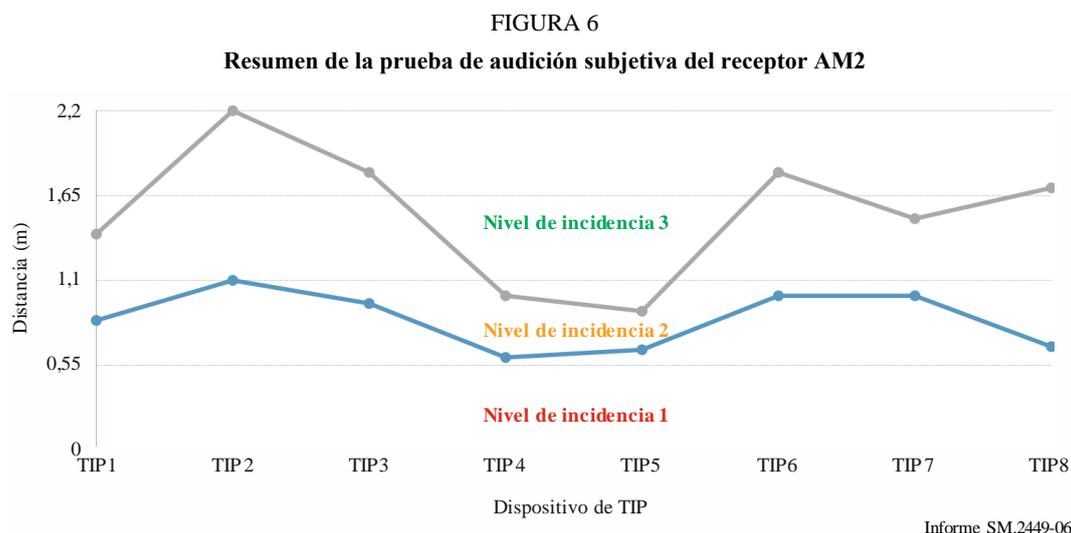
Informe SM.2449-04

En los siguientes Cuadros y Figuras, se resumen los resultados de las pruebas relativas a la incidencia de cada cargador inalámbrico en ambos receptores de radiodifusión (AM1 y AM2). Las figuras comprenden tres niveles de incidencia (véase el Cuadro 2) para evaluar el nivel de ruido audible que cada cargador inalámbrico generó en los receptores AM, con miras a determinar la mejor y la peor interferencia audible, siendo el nivel 1 intolerable y el nivel 3 inaudible. El nivel de incidencia disminuye a medida que aumenta la distancia entre el cargador inalámbrico y el receptor AM.

FIGURA 5  
**Resumen de la prueba de audición subjetiva del receptor AM1**



Informe SM.2449-05



CUADRO 2

## Descripción de los niveles de incidencia

Nivel de incidencia	Definición
1	Ruido intolerable
2	Ruido audible, pero tolerable
3	Ruido inaudible

En los Cuadros 3 y 4 se resumen los datos resultantes de los casos de uso individual con los receptores AM1 y AM2. Las dos columnas de la derecha muestran las distancias correspondientes a las Figs. 5 y 6 anteriores. Con respecto al AM1, si el cargador inalámbrico se sitúa a una distancia superior a 1,83 m, no causa interferencias audibles. En cuanto al AM2, si el cargador inalámbrico se sitúa a una distancia superior a 1,8 m, se eliminan las interferencias audibles.

CUADRO 3

## Resumen de la prueba de audición subjetiva con un único dispositivo y el receptor AM1

Tipo de cargador inalámbrico	Intensidad de campo del 7° armónico (dB $\mu$ A/m) a 3 m	Intensidad de campo del 7° armónico (dB $\mu$ A/m) a 10 m	Intensidad de la señal de radio AM (dB $\mu$ V/m) (canal de 810 kHz)	Límite entre los niveles 1 y 2 (m)	Límite entre los niveles 2 y 3 (m)
TIP1	-22,06	-53,36	54,35	0,3	0,84
TIP2	-27,11	-58,41	54,35	0,44	0,92
TIP3	-12,65	-43,95	54,35	0,61	1,17
TIP4	-29,74	-61,04	54,35	0,51	1,02
TIP5	-16,02	-47,32	54,35	0,51	0,92
TIP6	-28,8	-60,1	54,35	0,82	1,83
TIP7	-7,04	-38,34	54,35	0,46	0,92
TIP8	-29,88	-61,18	54,35	0,36	0,92

CUADRO 4

**Resumen de la prueba de audición subjetiva con un único dispositivo y el receptor AM2**

Tipo de cargador inalámbrico	Intensidad de campo del 7° armónico (dB $\mu$ A/m) a 3 m	Intensidad de campo del 7° armónico (dB $\mu$ A/m) a 10 m	Intensidad de la señal de radio AM (dB $\mu$ V/m) (canal de 810 kHz)	Límite entre los niveles 1 y 2 (m)	Límite entre los niveles 2 y 3 (m)
<b>TIP1</b>	-22,06	<b>-53,36</b>	54,16	0,84	1,4
<b>TIP2</b>	-27,11	<b>-58,41</b>	54,16	1,1	2,2
<b>TIP3</b>	-12,65	<b>-43,95</b>	54,16	0,95	1,8
<b>TIP4</b>	-29,74	<b>-61,04</b>	54,16	0,6	1
<b>TIP5</b>	-16,02	<b>-47,32</b>	54,16	0,65	0,9
<b>TIP6</b>	-28,8	<b>-60,1</b>	54,16	1	1,8
<b>TIP7</b>	-7,04	<b>-38,34</b>	54,16	1	1,5
<b>TIP8</b>	-29,88	<b>-61,18</b>	54,16	0,67	1,7

Los Cuadros 5 y 6 muestran los resultados de las pruebas de uso combinado. Los cinco cargadores inalámbricos utilizados en esta prueba se situaron a unos 0,6 m de distancia entre sí, en torno al receptor AM. En el caso del AM1, los resultados de estas pruebas muestran que, si los cinco cargadores inalámbricos se sitúan a una distancia superior a 2,2 m, no causan interferencias audibles. En cuanto al AM2, si los cinco cargadores inalámbricos se sitúan a más de 2,3 m, no causan interferencias audibles al receptor.

CUADRO 5

**Resumen de la prueba de audición subjetiva con varios dispositivos y el receptor AM1**

Tipo de cargador inalámbrico	Intensidad de campo del 7° armónico (dB $\mu$ A/m) a 3 m	Intensidad de campo del 7° armónico (dB $\mu$ A/m) a 10 m	Intensidad de la señal de radio AM (dB $\mu$ V/m) (canal de 810 kHz)	Límite entre los niveles 1 y 2 (m)	Límite entre los niveles 2 y 3 (m)
<b>TIP1</b>	-12,65	<b>-43,95</b>	54,16	<b>1,2</b>	<b>2,2</b>
<b>TIP2</b>	-29,74	<b>-61,04</b>	54,16		
<b>TIP3</b>	-28,8	<b>-60,1</b>	54,16		
<b>TIP4</b>	-7,04	<b>-38,34</b>	54,16		
<b>TIP5</b>	-29,88	<b>-61,18</b>	54,16		

CUADRO 6

Resumen de la prueba de audición subjetiva con varios dispositivos y el receptor AM2

Tipo de cargador inalámbrico	Intensidad de campo del 7° armónico (dBμA/m) a 3 m	Intensidad de campo del 7° armónico (dBμA/m) a 10 m	Intensidad de la señal de radio AM (dBμV/m) (canal de 810 kHz)	Límite entre los niveles 1 y 2 (m)	Límite entre los niveles 2 y 3 (m)
TIP1	-12,65	-43,95	54,16	1,1	2,3
TIP2	-29,74	-61,04	54,16		
TIP3	-28,8	-60,1	54,16		
TIP4	-7,04	-38,34	54,16		
TIP5	-29,88	-61,18	54,16		

5.1.3 Cuantificación de la intensidad de campo abierto para aplicaciones de TIP y receptores AM

La Fig. 7 ilustra la configuración del ancho de banda para la medición de armónicos de TIP y la justificación visual para el uso de un ancho de banda de 10 Hz. Según se indica en la figura, la diferencia entre el ancho de banda de 10 Hz y el ancho de banda de 10 kHz es de tan solo de 1 dB, no obstante, reduce drásticamente el umbral mínimo de ruido. Además, el ancho de banda de 10 Hz se ajusta mejor a las características de la señal de TIP. La señal de TIP es similar a una onda sinusoidal y, por tanto, guarda escasa relación con el ancho de banda. El cambio a 10 Hz también facilitó la comprensión de los elementos necesarios para las mediciones.

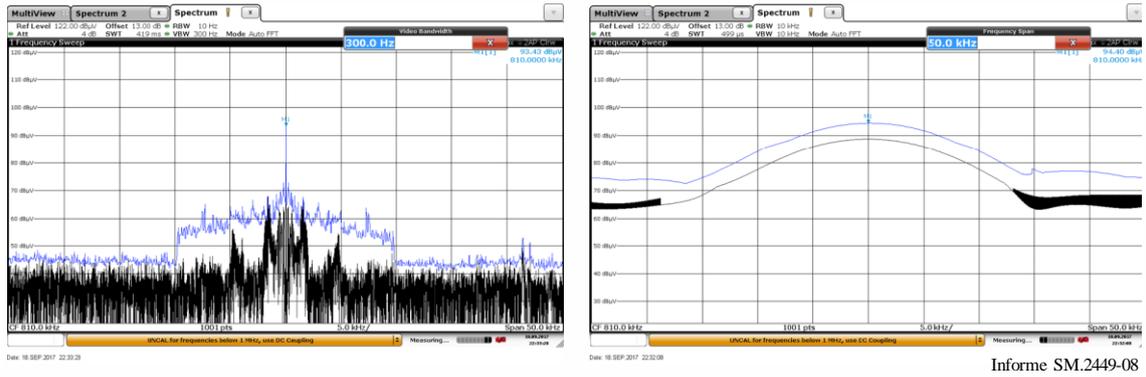
FIGURA 7

Justificación del ancho de banda



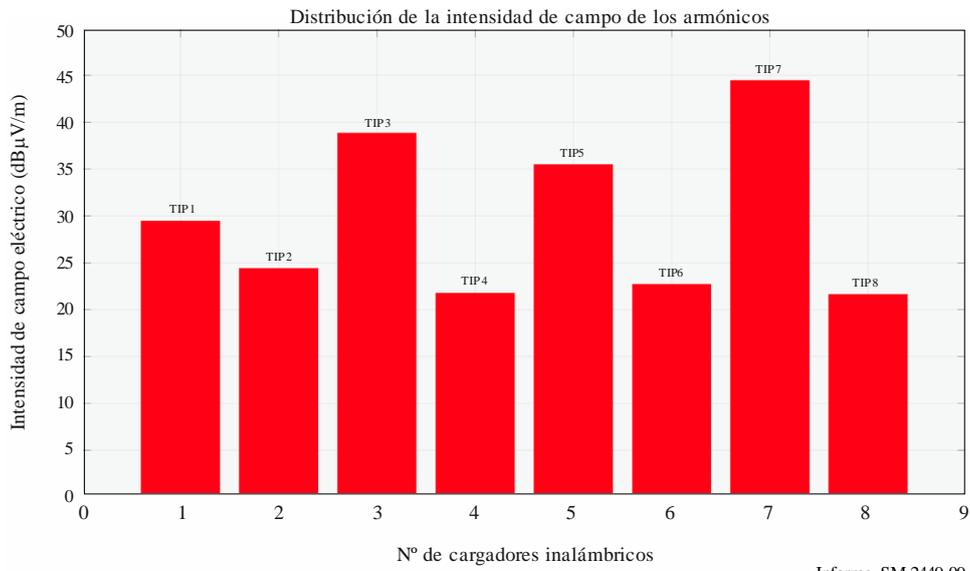
La configuración del ancho de banda de la señal del receptor AM se muestra en la Fig. 8. Habida cuenta de la diferencia de 1 dB, se decidió utilizar también un ancho de banda de 10 Hz para los receptores AM.

FIGURA 8  
Configuración del ancho de banda del receptor AM



Informe SM.2449-08

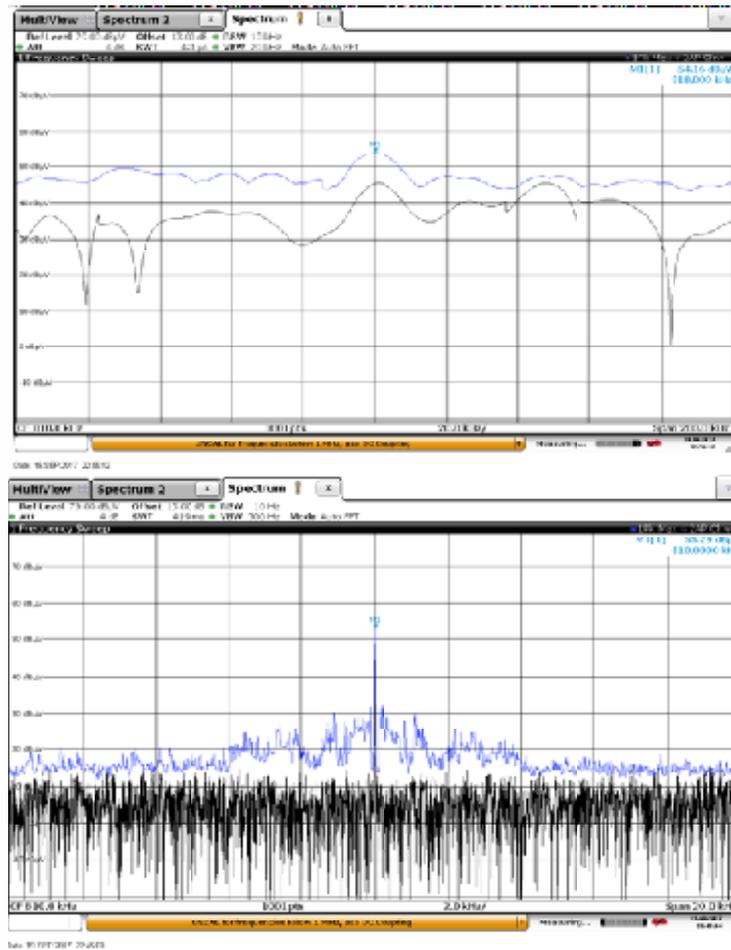
FIGURA 9  
Medición de la intensidad de campo del 7º armónico a 3 m



Informe SM.2449-09

FIGURA 10

Intensidad de la señal de radio AM, 54,16 dB $\mu$ V/m (0,5 mV/m = 54 dB $\mu$ V/m)



Informe SM.2449-10

**5.1.4 Resumen de los resultados de las pruebas**

De acuerdo con los resultados de las pruebas, una distancia de 2,3 m constituye el mínimo indispensable para evitar que el séptimo armónico de los cargadores por inducción objeto de estudio cause interferencias audibles a los receptores de radiodifusión AM. Al tratarse de dispositivos móviles que suelen utilizarse en oficinas y hogares, dicha distancia es factible y, en consecuencia, el estudio considera que la incidencia en los servicios de radiodifusión es insignificante.

CUADRO 7

**Resumen del experimento**

Receptores de radio AM	Intensidad simple de radio AM (dB $\mu$ V/m) (Objetivo: 500 $\mu$ V/m, 54 dB $\mu$ V/m)	Incidencia simple en el peor caso, 8 cargadores inalámbricos probados por separado	Incidencia combinada en el peor caso, 5 dispositivos de TIP operativos simultáneamente, con una separación de 0,6 m
AM1	54,35	<0,82 m, ruido intolerable >1,83 m, ruido inaudible	<1,2 m, ruido intolerable >2,2 m, ruido inaudible
AM2	54,16	<1,1 m, ruido intolerable >2,2 m, ruido inaudible	<1,1 m, ruido intolerable >2,3 m, ruido inaudible

## 5.2 Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 2

### 5.2.1 Observaciones generales

Se llevaron a cabo algunas pruebas predominantemente subjetivas, utilizando un cargador de teléfono completamente anónimo, un simulador de teléfono móvil como carga ficticia y un teléfono inteligente.

Desde el primer momento, no cabía duda de que la repetibilidad iba a ser un problema importante. Además, resultaba bastante difícil explicar lo que se veía. Lo que emitía el cargador dependía básicamente de la posición exacta de la carga (o del teléfono) sobre el propio cargador, su ubicación exacta en relación con el receptor y su orientación. La alteración de estos parámetros entrañó la modificación tanto de la frecuencia de funcionamiento, como de la naturaleza de la interferencia. En general, la «emisión» parecía ser una onda cuadrada (aparentemente) pulsada y filtrada, a una frecuencia que variaba incluso cuando la carga se mantenía firme en un lugar concreto con respecto al cargador. Es más, en algunos de los momentos en que no se registró ningún armónico dentro del «canal» al que estaba sintonizado el receptor<sup>5</sup>, se oyeron<sup>6</sup> importantes transitorios de conmutación (al ritmo de repetición de la pulsación) a lo largo de la banda de ondas hectométricas. Además de depender en cierta medida de la posición exacta del cargador en relación con el receptor, el efecto general varió notablemente en función de la (supuesta) polarización relativa del cargador; el efecto de la interferencia podía eliminarse en cierta medida con una alineación precisa. Si bien los efectos de la posición y la polarización fueron los previstos, se dieron casos distintos que resultaron difíciles de explicar. De la variabilidad e inestabilidad general del conjunto se infirió la dificultad de realizar mediciones significativas.

La calidad de funcionamiento del cargador a la hora de cargar el teléfono difirió bastante de la registrada con la carga ficticia. A ese respecto, tampoco quedaba claro el grado en que las variaciones podían depender del nivel de batería del teléfono. De hecho, el teléfono estaba casi completamente cargado.

Al retirar el teléfono del cargador, el dispositivo pasó a un estado «sin carga» y empezó a emitir un impulso de radiación intermitente y bastante frecuente –como si preguntase a todos los teléfonos móviles que pudieran hallarse sobre el cargador, o cerca de él, si «estaban ahí»– para iniciar la secuencia de carga. Incluso en los casos en que no se estaba cargando ningún teléfono, estas ráfagas pudieron oírse claramente en el receptor cercano.

De una evaluación subjetiva se coligió que, con la combinación de la bobina de carga y una señal entrante deseada y generada artificialmente<sup>7</sup> de +18,5 dB $\mu$ A/m (equivalente a 70 dB $\mu$ V/m, esto es, 10 dB por encima del nivel mínimo de sensibilidad del receptor prescrito en la Recomendación UIT R BS.703), el efecto de la interferencia con una separación de 2 m podía oscilar de relativamente inaudible a extremadamente molesto en función de la orientación y/o la posición precisa del cargador. Este dato contradice en gran medida los resultados de los Cuadros 3 y 4 del presente Informe, que sugieren que, con todos los cargadores probados, el efecto resulta inaudible cuando la separación es de al menos 2 m (a veces mucho menos) y la señal entrante (deseada) es 16 dB más baja.

---

<sup>5</sup> Una ligera modificación de la posición de la carga con respecto al cargador podía provocar el paso del armónico a un canal adyacente o incluso a uno más alejado.

<sup>6</sup> De nuevo, en función de la posición de la carga y la orientación.

<sup>7</sup> Las pruebas se llevaron a cabo en una sala apantallada.

### 5.2.2 Disposición de las pruebas

Las pruebas se realizaron en una sala apantallada de poco menos de 4 m de longitud, lo que impuso ciertas limitaciones a las pruebas factibles, entre las que cabe destacar que la máxima separación posible entre el receptor y el cargador fue de 2 m. La disposición física se muestra en las Figs. 11 y 12.

FIGURA 11  
Configuración de la prueba (esquemática)

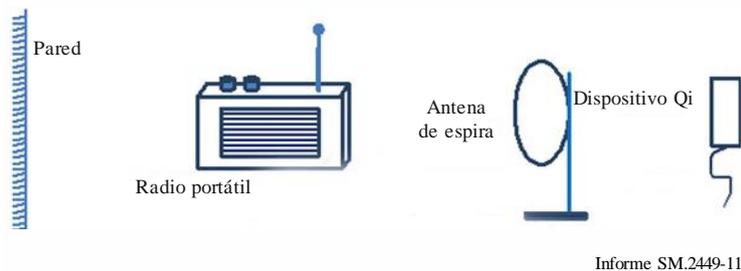
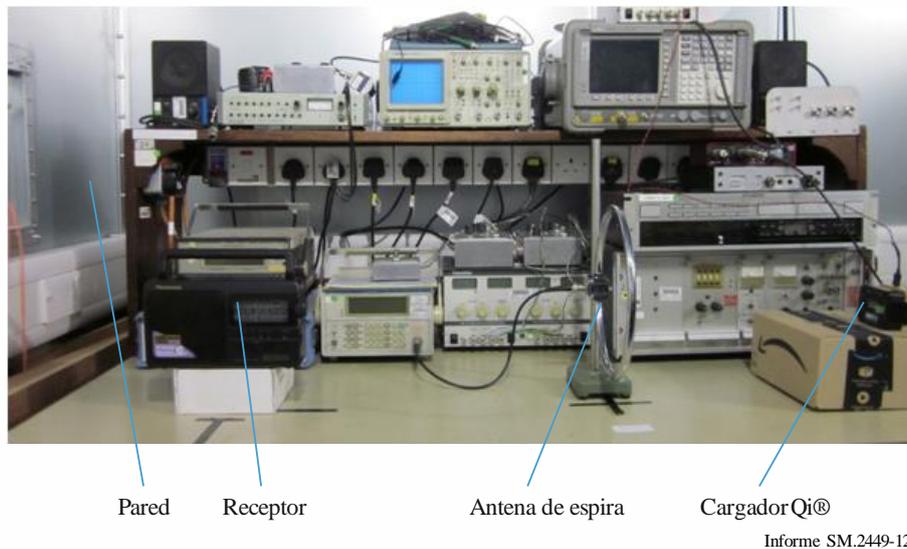


FIGURA 12  
Configuración de la prueba (fotográfica)



La antena de ferrita del receptor y el cargador se dispusieron en el eje perpendicular de la antena de espira. Para las pruebas, el receptor se situó a 0,5 m de la pared, la antena de espira a 1,0 m y el cargador a 1,2 m.

La antena de espira se utilizó para generar una señal de radiodifusión simulada. La simulación de la señal de radiodifusión de esta forma ofrecía ventajas con respecto a una señal aérea.

El nivel de la señal en el receptor podía controlarse con precisión.

El hecho de que la frecuencia de funcionamiento pudiera controlarse con precisión permitió no solo adaptar la frecuencia de sintonización del receptor al cargador, sino también investigar diferentes armónicos del cargador, que afectaban a diferentes frecuencias portadoras (y diferentes canales de radiodifusión).

NOTA – El receptor podía ser/fue «sintonizado» con respecto al cargador y no al revés.

Las mismas muestras de audio (voz y música) pudieron utilizarse para todas las pruebas, eliminando así una posible fuente de incertidumbre.

La capacidad de controlar el nivel de señal en el receptor también permitió simular el efecto que tenía la acción de acercar y alejar el cargador del receptor, sin necesidad de moverlo físicamente. Como ya se ha explicado, las dimensiones de la sala apantallada limitaban notablemente la separación que podía lograrse en la práctica. El efecto de la reflexión en la pared se consideró y tuvo en cuenta cuando fue necesario (véase el § 3.6.1). Dada la relación entre la intensidad de campo y la distancia en virtud de la ley del cubo inverso, un aumento del nivel de la señal deseada (de radiodifusión) de 18 dB resultó en una duplicación de la distancia de separación entre el receptor y el cargador. Evidentemente, el receptor funcionaba con una señal 18 dB más fuerte y, para mantener una adecuada relación señal-ruido en este último, hubo que añadirle 18 dB más de ruido de RF. Esto se logró fácilmente añadiendo ruido a la señal deseada en la antena de espira<sup>8</sup>. De esta forma, se logró ajustar la distancia efectiva entre el receptor y el cargador a cualquier valor deseado<sup>9</sup> y medir la reducción del efecto de la interferencia con la distancia de separación.

El ángulo del cargador se ajustó para tener el máximo efecto (hipótesis más desfavorable) en el receptor y provocar el máximo acoplamiento a las bobinas exploradoras. El mínimo acoplamiento del cargador al receptor – con interferencias casi inaudibles en muchos casos – se produjo con la combinación de la carga y el cargador inclinada unos 10° con respecto al plano horizontal y la carga alejada del receptor. La geometría de la situación sugeriría que el mínimo acoplamiento se produciría con la bobina del cargador en posición horizontal, puesto que el campo de interferencia coincidiría con el nivel mínimo de sensibilidad de la antena de ferrita (ángulo recto con la máxima sensibilidad). En la práctica, la orientación necesaria para lograr el mínimo nivel de sensibilidad dependió de la posición exacta de la carga sobre el cargador. Obviamente, también dependió del desplazamiento vertical y lateral del cargador con respecto al eje de la antena de ferrita. El nivel mínimo de sensibilidad era nítido y claramente diferenciado, mientras que el nivel máximo estaba menos definido. La respuesta polar de «cos  $\theta$ » de la bobina de carga dio lugar a un nulo pronunciado en el nivel mínimo y a un valor constante más amplio en el máximo.

### 5.2.3 Mediciones de la calidad de funcionamiento del receptor

Las «características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de amplitud para fines de planificación» se detallan en la Recomendación UIT-R BS.703. En este caso, los parámetros pertinentes son:

- respuesta de modulación de audio (frecuencia)      -3 dB a 2 kHz;    -24 dB a 5 kHz
- relación  $S/N$  en audio con una intensidad  
de campo de 60 dB dB $\mu$ V/m                                    26 dB no ponderados con modulación  
del 30%.

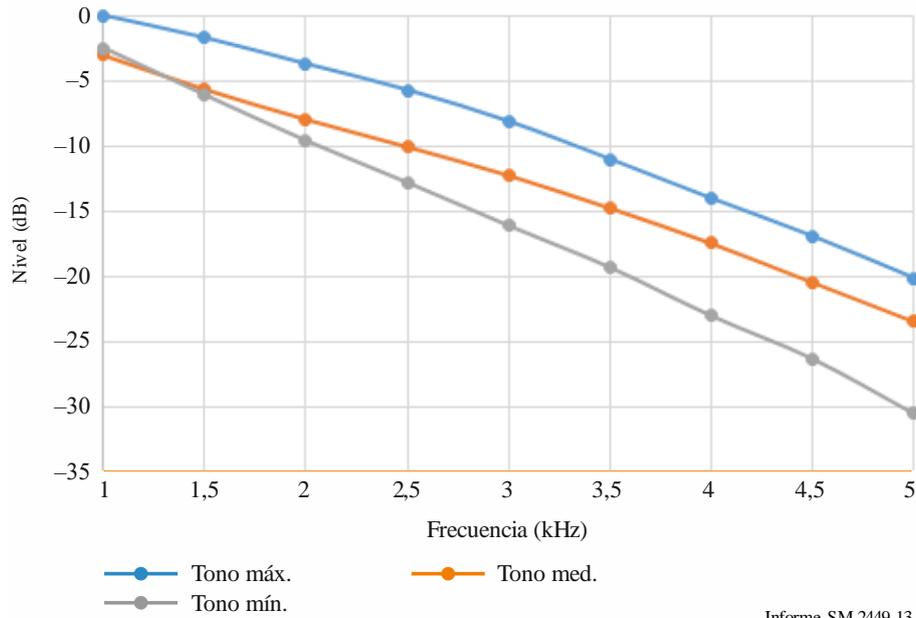
Se utilizaron dos receptores portátiles, el Receptor 1 y el Receptor 2, que se sometieron a una serie de mediciones para determinar su conformidad con el receptor de referencia. El Receptor 1 era de los años 80 y disponía de un pulsador de sintonización y una estructura de madera. El Receptor 2 era más moderno y, si bien no resultaba caro, su calidad de funcionamiento era razonable. Los resultados se presentan en las Figs. 13 y 14 (nótese el efecto de los controles de tonalidad).

---

<sup>8</sup> En la práctica, se generó un ruido pseudoaleatorio, que se añadió a la señal de audio en el PC.

<sup>9</sup> Hasta el punto en que la entrada de radiofrecuencia del receptor se sobrecargó debido a la excesiva fuerza de la señal.

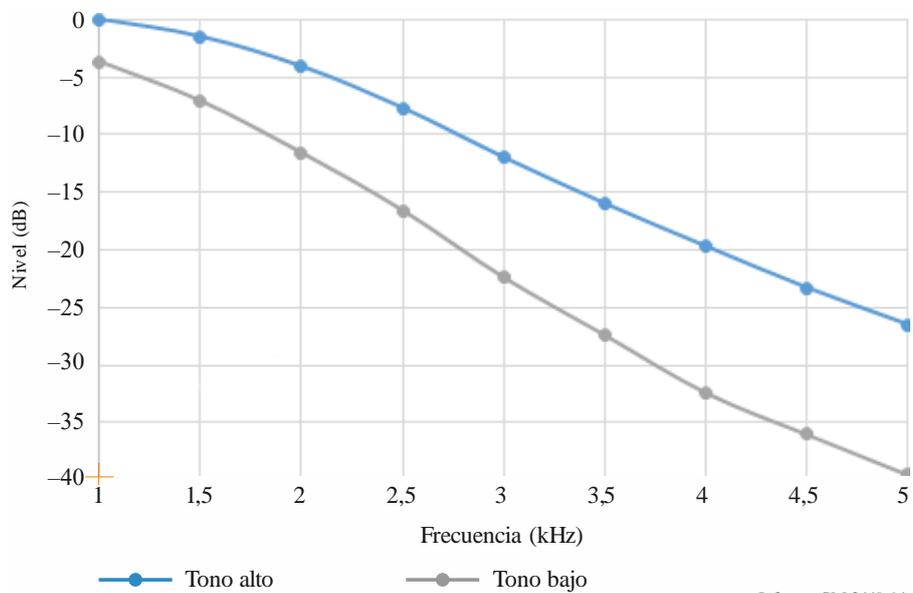
FIGURA 13  
**Respuesta de modulación del Receptor 1**



Informe SM.2449-13

El control de tonalidad en el Receptor 1 arroja resultados bastante particulares. Esta medida parece tener un efecto mayor en el nivel general que en la respuesta de los agudos, que viene (presumiblemente) determinada en gran medida por los filtros de frecuencia intermedia (FI). A efectos de las pruebas de interferencia, el control hubo de ajustarse al máximo, para mantener la respuesta aproximadamente a 2 kHz. La respuesta a 5 kHz era menos importante, ya que la fuente de interferencia se situó deliberadamente a unos 2 kHz de distancia de la portadora deseada para representar la hipótesis más desfavorable.

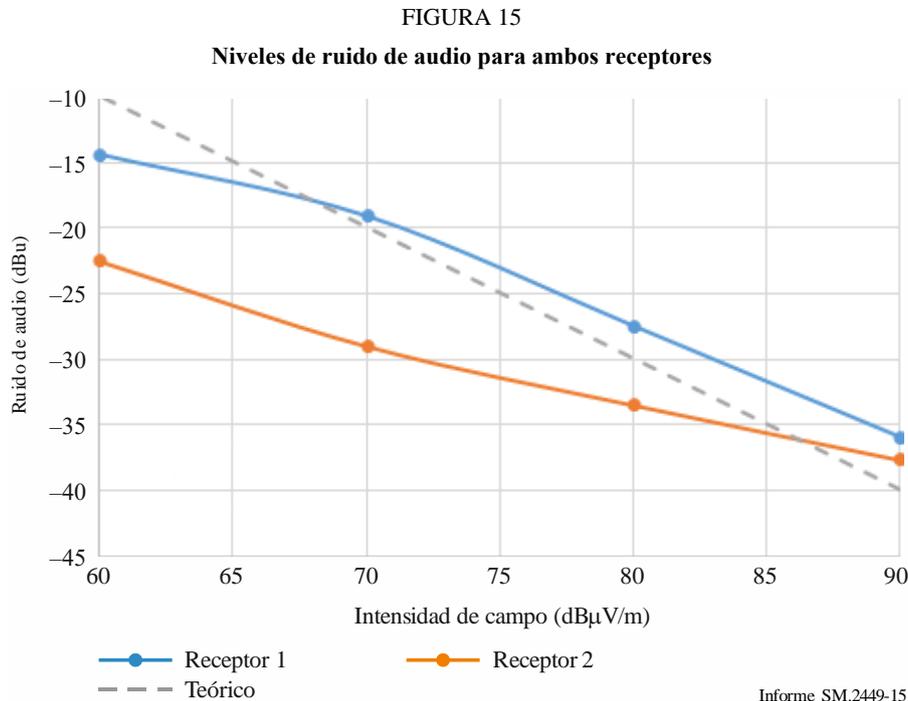
FIGURA 14  
**Respuesta de modulación del Receptor 2**



Informe SM.2449-14

El control de tonalidad (conmutación) tiene un efecto realmente drástico. Huelga señalar que todas las pruebas tuvieron que llevarse a cabo con el conmutador en posición «alto» –no existen opciones intermedias entre «alto» y «bajo»–, donde la respuesta de modulación se asemeja considerablemente a la del receptor de referencia de la Recomendación UIT-R BS.703.

Los niveles de ruido de audio se midieron en función de la intensidad de campo y se ilustran en la Fig. 15.



Los niveles de ruido se representan en relación con una profundidad de modulación AM del 30%, conforme a lo estipulado en la Recomendación UIT-R BS.703 (un «ruido de audio» del orden de  $-30$  dB se corresponde con una relación  $S/N$  de 30 dB). En teoría, cabría esperar que la relación  $S/N$  aumentara dB por dB con la señal deseada, de acuerdo con la línea discontinua. En la práctica, el «ruido de fondo» (en las últimas etapas del receptor) aporta un límite superior, mientras que, con unos niveles de señal bajos, el control automático de ganancia excede la gama prevista. Con una intensidad de señal de  $60$  dBµV/m, la calidad de funcionamiento del Receptor 1 parece superar las expectativas. No obstante, ello llama a engaño, dado que el nivel de la señal deseada disminuye junto con el ruido.

Por consiguiente, el Receptor 2 parece ser más apto para las pruebas, por ajustarse mejor al receptor de referencia de la Recomendación UIT-R BS.703. El hecho de que se mantenga unos 5 dB por debajo de la correspondiente relación  $S/N$  de audio no representa un problema significativo, porque la aplicación de grandes distancias no resulta factible cuando se evalúan los efectos de las interferencias. En este caso, se han utilizado distancias de separación más reducidas e intensidades de campo de referencia más elevadas, según se indica en el § 3.2.

Obsérvese que la frecuencia portadora elegida para las pruebas fue un «patrón» de 999 kHz. Si se utiliza otra frecuencia, es probable que el nivel de sensibilidad del receptor varíe.

### 5.2.4 Niveles de emisión del cargador

Se midieron los niveles de emisión del cargador. Los resultados coinciden en líneas generales con los de los Cuadros 3 a 6 del presente Informe.

A tal efecto, se utilizó un detector «casero», compuesto por un cable enrollado en diez vueltas alrededor de un corto fragmento de tubo. El diámetro de la bobina fue de 68 mm. Junto con la bobina del detector se utilizó un amplificador de bajo ruido (con un valor nominal) de 30 dB.

FIGURA 16

Detector casero (izquierda) y cargador Qi® (con carga)



Informe SM.2449-16

A una distancia de 1 m, el nivel medido en el analizador de espectro fue de  $-34$  dBm. Como la ganancia del preamplificador fue de 29 dB (medidos), la emisión de la bobina fue de  $-63$  dBm. 0 dBm equivale a 224 mV y, en consecuencia,  $-63$  dBm equivale a 0,159 mV.<sup>10</sup>

Un campo magnético  $H$  que pasa a través de una bobina de la zona A y de un número de vueltas  $N$  genera un campo electromagnético (CEM)  $E$  de  $\mu_0 H A N \omega$ , siendo  $\mu_0$  la permeabilidad del espacio libre (definida como  $4\pi \times 10^{-7}$ ) y  $\omega$  la frecuencia angular. Estos datos también pueden expresarse como sigue:

$$H = E / \mu_0 A N \omega \quad (1)$$

En cifras:  $H = 0,159 \times 10^{-3} / \{(4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0,034^2) \times 10 \times (2\pi \times 115 \times 10^3)\}$

Por tanto:  $H = 0,0048$  A/m, a una distancia de 1 metro.

Ello equivale a 73,6 dB $\mu$ A/m (o 125,1 dB $\mu$ V/m para el campo eléctrico equivalente en el espacio libre). A 300 m, lo anterior se reduciría por 60 log 300 dB, o 148,6 dB, para dar  $-23,5$  dB $\mu$ V/m. En el § 5.1 se proporciona una cifra de  $-15$  dB $\mu$ V/m, lo que resulta razonable dadas las diversas incertidumbres.

### 5.2.5 Niveles de emisión de armónicos del cargador

Los niveles de armónicos relativos también revisten interés, por ser los que alterarán la recepción radioeléctrica por ondas kilométricas y hectométricas.

<sup>10</sup> Estrictamente, el decibelio-milivatio (dBm) es la unidad de potencia de un sistema de impedancia constante. En este caso, la bobina suministra una tensión con una alta impedancia.

Para medir los armónicos, se colocó una bobina exploradora con cuatro vueltas de cable junto al cargador, a una distancia de 200 mm. La geometría de la bobina era la misma que la utilizada en las mediciones previas (véase la sección anterior), con la particularidad de que tenía menos vueltas y carecía de amplificador. La salida de la bobina se conectó directamente al analizador de espectro (el mismo que antes). De esta forma, se registró una pérdida de 6 dB, ya que la bobina incluía una resistencia de terminación de 50  $\Omega$ .

De la medición anterior se obtuvo un nivel de 0,034 A/m para la componente fundamental a una distancia de 1 m. El nivel real medido aquí fue de -45 dBm. Recordando la ecuación (1) anterior:

$$H = E / \mu_0 A N \omega$$

En cifras:  $H = 1,26 \times 2 \times 10^{-3} / \{(4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0,034^2) \times 4 \times (2\pi \times 115 \times 10^3)\}$

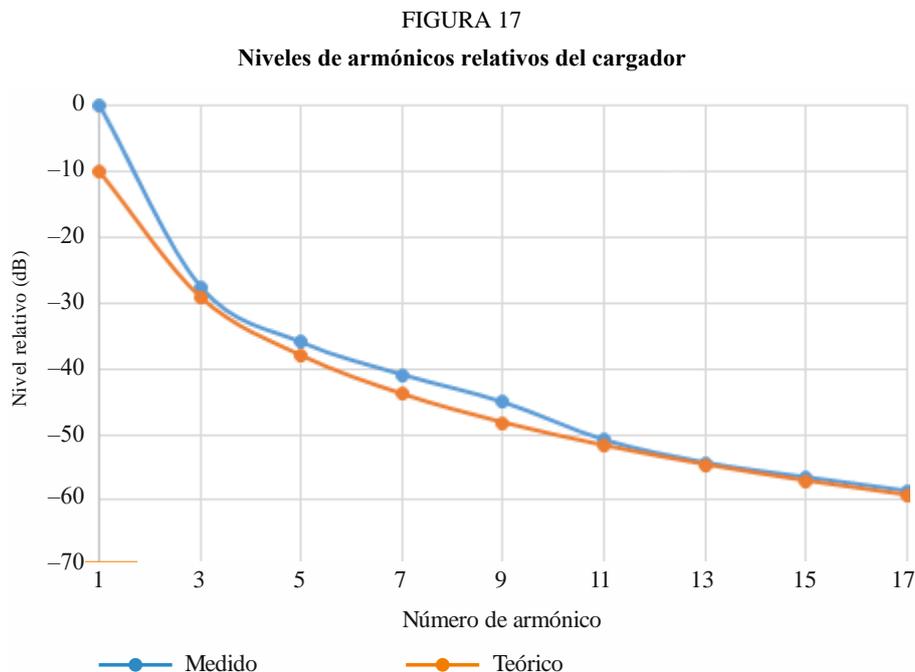
siendo  $1,26 \times 10^{-3}$  equivalente a -45 dBm en voltios y el 2 destacado un factor de compensación de la pérdida de terminación.

$$H = 0,19 \text{ A/m}$$

Dado que la medición se hizo con 0,2 m de separación, en lugar de con 1,0 m, la ley del cubo inverso dicta que esta cifra se divida por 125 a efectos comparativos:

$$H = 0,0015 \text{ A/m}$$

El campo en un punto perpendicular a un dipolo es la mitad que en un punto a la misma distancia pero en línea con el dipolo, lo que se ajusta razonablemente al resultado anterior.



Informe SM.2449-17

La Fig. 17 muestra un gráfico de los niveles de armónicos relativos. La normalización se ha llevado a cabo como sigue:

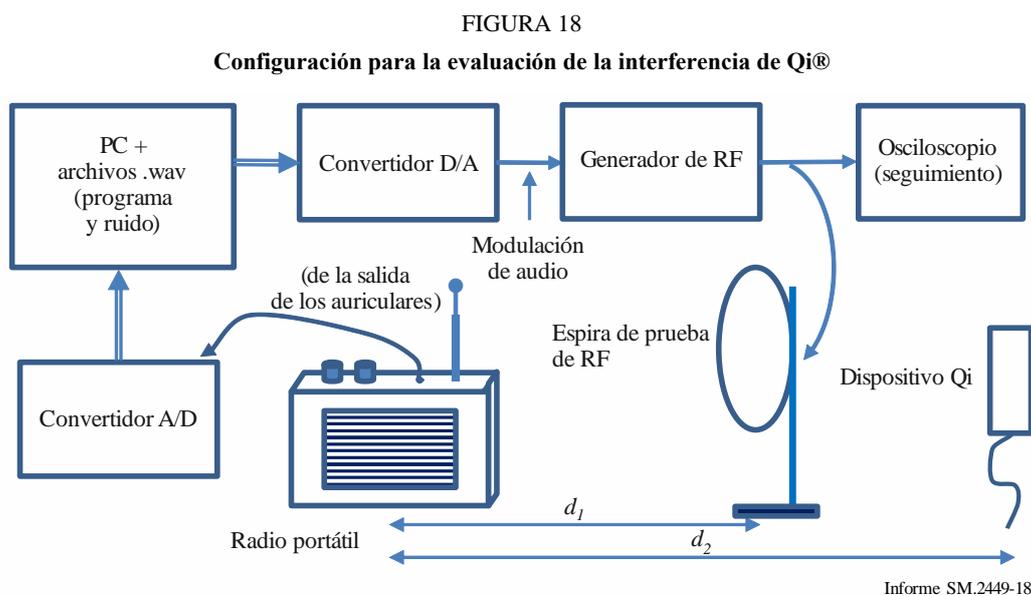
- La componente fundamental se fijó en 0 dB.
- A las demás componentes se les restó  $20 \times \log n$ , siendo  $n$  el número de armónicos, a fin de compensar la característica proporcional a la frecuencia de la bobina.

La curva «teórica» supone una ley de 40 dB por década ( $1/n^2$ ): 20 dB por década a partir de la inductancia de la bobina transmisora (que se considera impulsada por una fuente de tensión), y 20 dB por década a partir del nivel armónico de una onda cuadrada (que se considera la forma de onda que impulsa la bobina). Este parece ser un modelo razonable, que, obviamente, no será válido para la componente fundamental, ya que la bobina resonará a esa frecuencia.

Tomando el séptimo armónico como ejemplo, el nivel se sitúa 41 dB por debajo del de la componente fundamental. Suponiendo que  $H$  equivale a 0,00482 A/m para la componente fundamental, se obtiene un valor de 32,7 dB $\mu$ A/m, o un campo  $E$  equivalente de unos 84,2 dB $\mu$ V/m a 1 m de distancia.

### 5.2.6 Evaluación de los niveles de interferencia

Los efectos de la interferencia causada por la combinación cargador/carga se midieron de forma tanto objetiva como subjetiva en la salida de audio del receptor, utilizando la configuración mostrada en la Fig. 18.



El esquema se explica prácticamente por sí solo. El material del programa, que se almacenó en un PC como archivo .wav, fue el mismo que se utilizó para las pruebas de TIP anteriores<sup>11</sup> (proporcionado por los estudios de Radio 5 de la BBC y comprimido como si fuera a ser transmitido). Este se reprodujo con un CAD «de referencia» de alta calidad y se utilizó para modular un generador de RF. A continuación, el generador de RF activó la antena de espira de prueba. Por convención, la espira se situó a 600 mm del elemento puesto a prueba (la radio), por lo que el campo eléctrico equivalente en V/m fue en términos numéricos igual a 1/10 del CEM de la fuente del generador en V<sup>12</sup>. Finalmente, las emisiones de la radio, junto con la interferencia, se convirtieron a un formato digital y se almacenaron en el PC como archivos .wav.

<sup>11</sup> Por ejemplo, como se describe en el Libro Blanco de la BBC [WHP 322](#)

<sup>12</sup> En este caso, no se debe inferir que la espira genera un campo eléctrico; de hecho, la espira está apantallada para evitar que eso ocurra. El campo eléctrico equivalente se calcula utilizando la relación estándar de campo lejano  $E/H = 377 \Omega$ .

Además, se utilizó el programa informático *Audacity* para añadir un ruido pseudoaleatorio al material del programa, lo que resultó útil para lograr que la relación  $S/N$  de audio del receptor se estableciera en el valor de referencia de 26 dB en relación con una profundidad de modulación AM del 30%, independientemente de la intensidad de campo real<sup>13</sup>. Al realizar pruebas subjetivas de interferencia, el efecto de enmascaramiento de cualesquiera ruidos de fondo es obviamente un factor importante.

Por último, se efectuaron comprobaciones de seguridad en la calibración del sistema. El generador se fijó en  $-3$  dBm, para un CEM origen de 317 mV y una intensidad de campo nominal de 31,7 mV/m (90 dB $\mu$ V/m). La intensidad de campo magnético debía ser entonces de 31,7/377 mA/m, o 38,5 dB $\mu$ A/m. La bobina exploradora con 4 vueltas volvió a utilizarse para medir la intensidad de campo real y dio una lectura de  $-92$  dBm en el analizador de espectro.

Recordando la ecuación (1) anterior:

$$H = E / \mu_0 A N \omega$$

En cifras:  $H = (5,63 \times 2 \times 10^{-6}) / \{(4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0,034^2) \times 4 \times (2\pi \times 999 \times 10^3)\}$

siendo  $5,63 \times 10^{-6}$  equivalente a  $-92$  dBm en voltios y el 2 destacado la terminación.

$$H = 9,818 \times 10^{-5} \text{ A/m, o } 39,8 \text{ dB}\mu\text{A/m}$$

Estos valores se ajustan razonablemente a la intensidad de campo nominal.

### 5.2.6.1 Multiplicación de la distancia y efecto de la sala apantallada

Como ya se ha mencionado anteriormente, el aumento de los niveles de la señal «deseada» en el receptor afectado podría facilitar la evaluación de la interferencia causada por un dispositivo a distancias superiores a las factibles en la sala apantallada. Suponiendo que el receptor de referencia funcionase a 60 dB $\mu$ V/m y que el cargador interferente se hallase a 2 metros de distancia, según la ley del cubo inverso, la interferencia aumentaría en 18 dB si la distancia se redujera a la mitad, es decir, a 1 metro. De ello se deduce que el efecto en la salida del receptor sería exactamente el mismo si la señal deseada también se incrementara en 18 dB. En este caso, se aplican dos condiciones: en primer lugar, cualquier ruido generado en cualquier parte del sistema debe mantenerse al mismo nivel ( $-26$  dBu, con modulación AM del 30%); en segundo lugar, el control automático de ganancia en el receptor debe mantener el nivel de salida (deseado) suficientemente constante.

En el Cuadro 8 se muestran los niveles adecuados del generador de señal para los factores de multiplicación 1 a 4. En caso, se asume el uso de una antena de espira, situada a 600 mm de distancia del receptor afectado.

CUADRO 8

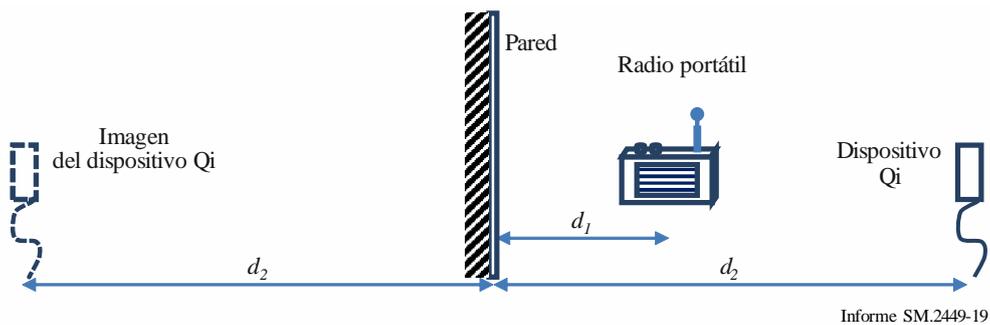
#### Niveles del generador para determinados factores de multiplicación

<b>Nivel del generador (dBm)</b>	-33	-15	-4,4	+3	Con un factor 4, una fuente interferente situada a 600 mm tiene el mismo efecto que una situada a 2,4 m.
<b>Factor de multiplicación</b>	1	2	3	4	

Las distancias factibles en la sala apantallada son más limitadas de lo que cabría esperar, debido a que la habitación está hecha de metal y el metal se comporta como un reflector casi perfecto. A pesar de tener casi 4 metros de largo, la fuente de interferencia debe mantenerse a 1,2 metros del receptor, aproximadamente. La Fig. 19 ilustra esta situación.

<sup>13</sup> Suponiendo que la intensidad de campo baste para exceder la relación  $S/N$  de audio de referencia.

FIGURA 19  
El efecto de una reflexión



Tal y como se midió en la radio, los valores de intensidad de campo normalizados para el dispositivo Qi® y su reflexión son  $1 / (d_2 - d_1)^3$  y  $1 / (d_2 + d_1)^3$ , respectivamente. Para obtener la intensidad de campo resultante, es necesario restar la señal reflejada a la señal directa:<sup>14</sup>

Intensidad de campo resultante  $1 / (d_2 - d_1)^3 - 1 / (d_2 + d_1)^3$

Relación entre la intensidad de campo resultante y la directa

$$\frac{\{1 / (d_2 - d_1)^3 - 1 / (d_2 + d_1)^3\}}{1 / (d_2 - d_1)^3} = 1 - \left\{ \frac{d_2 - d_1}{d_2 + d_1} \right\}^3$$

La aplicación de distancias reales ( $d_1 = 0,5$  m, y  $d_2 = 1,2$  m) permite obtener una relación de 0,93 (error de 0,6 dB). En este caso, el efecto es demasiado limitado para considerarse grave y puede corregirse reduciendo ligeramente  $d_2$ . Sin embargo, el error aumenta rápidamente a medida que  $d_2$  se amplía.

### 5.2.6.2 Muestras de audio

Se realizaron diversas grabaciones preliminares, con 30 segundos de voz y 30 segundos de música «transmitidos» a la radio portátil. El material fue el mismo que en las pruebas anteriores de TIP, y se obtuvo del clip «Jerusalén» de Radio 5. Este último se había procesado para su distribución a las estaciones de transmisión en ondas hectométricas de Radio 5.

A continuación figuran las grabaciones realizadas hasta la fecha, con algunos comentarios. En todos los casos, se seleccionó el séptimo armónico de la fuente de interferencia. En general, la frecuencia utilizada osciló en torno a 1 MHz, pero también varió.

<sup>14</sup> Por otra parte, podría ser más fácil pensar en términos de cargas eléctricas. La tensión debe ser cero en la pared (que está puesta a tierra), lo que puede lograrse únicamente si las cargas reales e imaginarias son iguales y opuestas, y equidistantes de la pared.

CUADRO 9

**Grabaciones realizadas hasta la fecha**

<b>Identificador</b>	<b>Descripción breve</b>	<b>Observaciones</b>
as_clean	Voz, sin más degradación que el ruido del sistema a $-26$ dBu	El ruido de fondo es audible pero no objetable
bs_wp0_12_2-4_onc	Mismas circunstancias, a las que se añade la interferencia dentro del canal de la plataforma de carga genérica	La interferencia a 2,4 metros de distancia efectiva es muy molesta
cs_wp0_12_2-4_offc	Mismas circunstancias, pero con la interferencia fuera del canal	En condiciones normales, es probable que la interferencia no se perciba
ds_wp0_12_2-4_idle	Mismas circunstancias, pero con la carga retirada de la plataforma genérica	En condiciones normales, es probable que la interferencia no se perciba
em_clean	Música, sin más degradación que el ruido del sistema a $-26$ dBu	El ruido de fondo es audible pero no objetable
fm_wp0_12_2-4_onc	Mismas circunstancias, a las que se añade la interferencia dentro del canal de la plataforma de carga genérica	La interferencia a 2,4 metros de distancia efectiva es muy molesta
gm_wp0_12_2-4_offc	Mismas circunstancias, pero con la interferencia fuera del canal	En condiciones normales, es probable que la interferencia no se perciba
hm_wp0_12_2-4_idle	Mismas circunstancias, pero con la carga retirada de la plataforma genérica	En condiciones normales, es probable que la interferencia no se perciba
is_wp7_s7_2-4_onc	Un teléfono inteligente genera interferencias dentro del canal a la «voz»	Resultados casi análogos a los de la plataforma de carga genérica
jm_wp7_s7_2-4_onc	Mismas circunstancias, con un programa de «música»	Ídem

Resultó difícil obtener resultados coherentes, puesto que la interferencia podía saltar a un canal diferente sin previo aviso. Incluso en condiciones estables, podía cambiar entre dos frecuencias fijas, de las cuales solo una estaría sintonizada en la radio. La frecuencia de conmutación era de aproximadamente una por segundo, lo que dio lugar a una «firma» audible y fácilmente identificable. En condiciones normales, la interferencia fuera del canal era casi inaudible, pero todo dependía de lo alejada del canal que estuviera.

La falta de sutileza de estos efectos hace que la escala de degradación de 5 puntos de la UIT sea casi innecesaria: la interferencia es o bien abrumadora, o bien inaudible.

### **5.3 Estudio sobre la incidencia de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en el servicio de aficionados**

#### **5.3.1 Parámetros utilizados para la simulación**

En los Estados Unidos, el título 47 del Código de Reglamentación Federal, § 15.31 (2), rige los requisitos de medición de los dispositivos de radiofrecuencias que funcionan en el campo cercano. Una vez aplicado el factor de extrapolación requerido por la FCC de 40 dB por década a los  $-15$  dB $\mu$ V/m a 300 m, el límite de los dispositivos de TIP sin haces radioeléctricos equivale a 44,08 dB $\mu$ V/m a 10 m. En este caso, se ha utilizado un modelo para la propagación en el campo cercano.

Los parámetros de los receptores del servicio de aficionados se han extraído de la Recomendación UIT-R M.1732 y se exponen en el Cuadro 10. Esta Recomendación no contiene criterios de protección contra la interferencia al funcionamiento del servicio de aficionados en esta gama de frecuencias. A los efectos de este estudio, se supone un criterio de protección de  $I/N -6$  dB.

CUADRO 10

**Parámetros asumidos para los receptores del servicio de aficionados**

Parámetros	Valor
Frecuencia central (kHz)	136,75
Ancho de banda (kHz)	0,4
Diagrama de antena	Omnidireccional
Nivel mínimo de ruido ( $\text{dB}\mu\text{V/m}$ )	31,6
Criterio de protección ( $I/N$ ) (dB)	-6
Nivel de interferencia admisible ( $\text{dB}\mu\text{V/m}$ )	25,6

### 5.3.2 Análisis y resultados de las simulaciones

#### 5.3.2.1 Casos de uso individual

Los casos de uso individual comprenden la instalación de un único dispositivo de TIP dentro de un edificio, junto con un receptor del servicio de aficionados lejos del edificio en cuestión. En la primera simulación, se aplicó una pérdida debida a la penetración en el edificio de 3 dB y, en la segunda, de 10 dB, a fin de tener en cuenta los diferentes materiales de construcción.

FIGURA 20  
Caso de uso individual

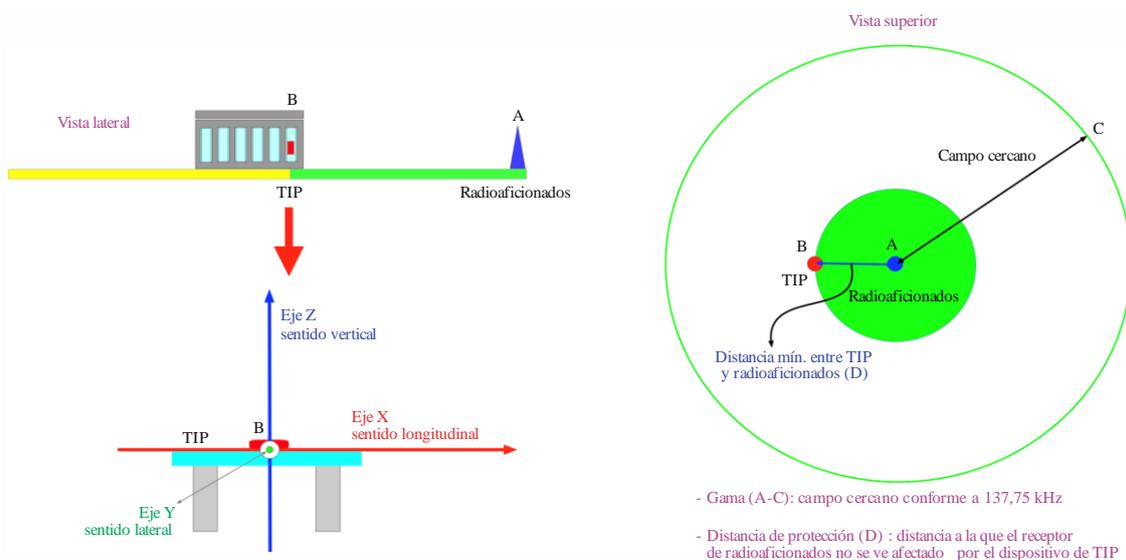
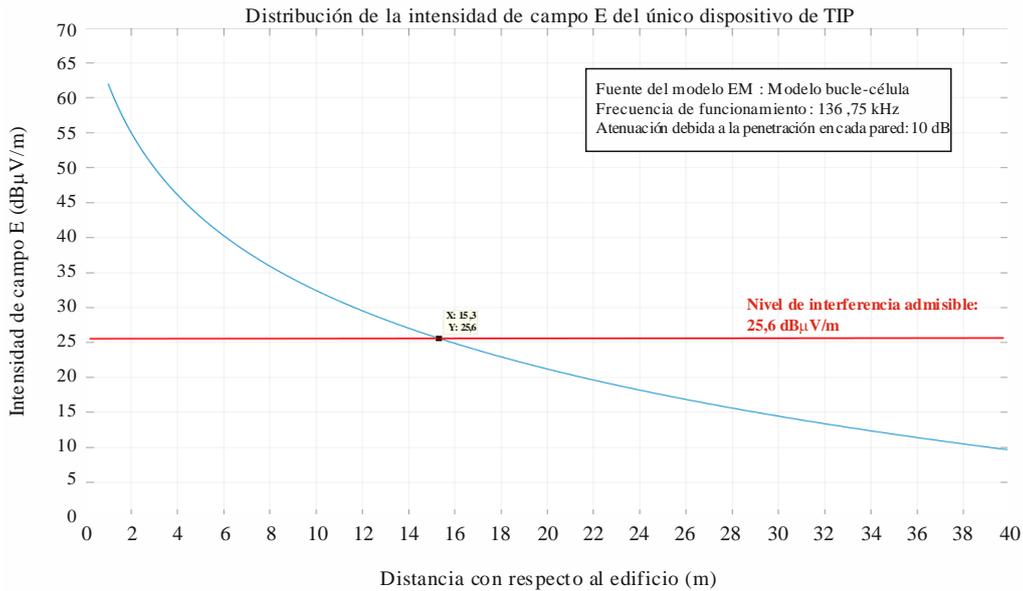


FIGURA 21

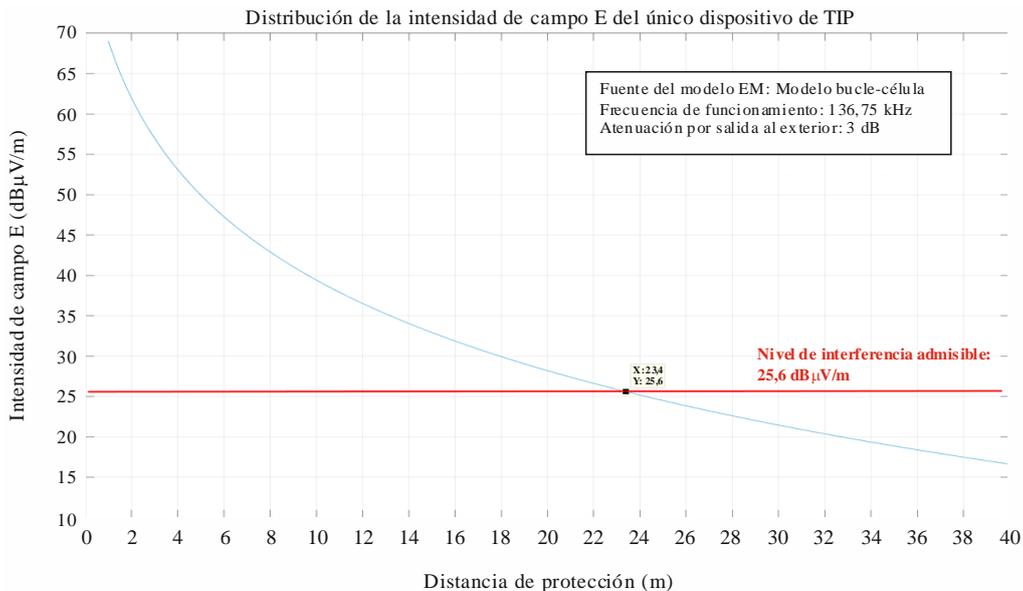
**Distribución del dispositivo único para el caso 1**

Informe SM.2449-21

**Conclusiones del caso de uso individual 1**

Los resultados del caso de uso individual 1, a que se aplica una atención de 10 dB para simular un edificio de hormigón, muestran que el dispositivo de TIP debe situarse a más de 15,3 m del receptor de radioaficionados.

FIGURA 22

**Distribución del dispositivo único para el caso 2**

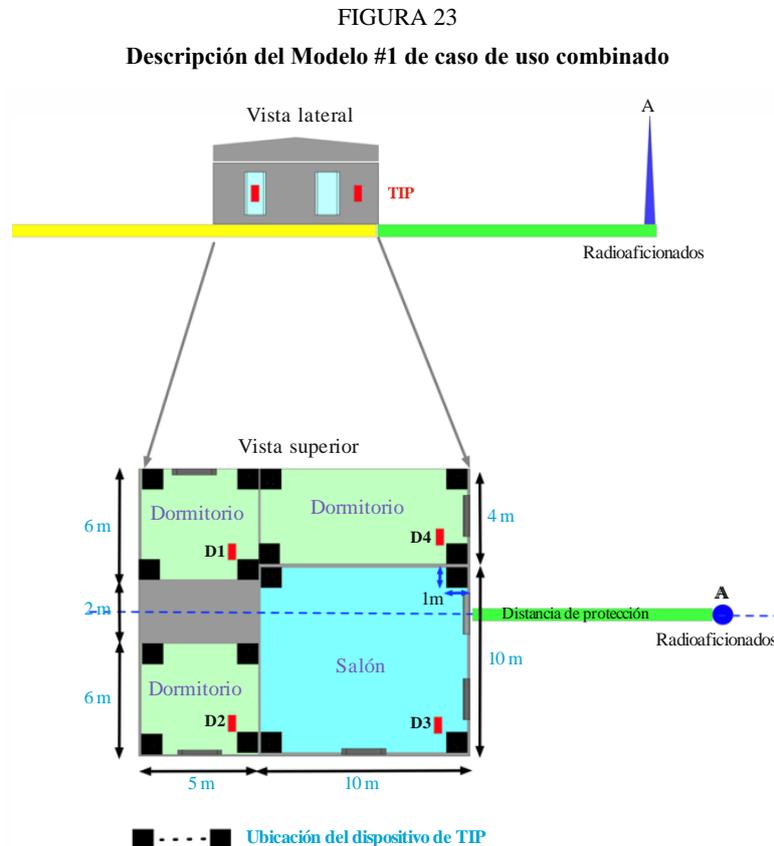
Informe SM.2449-22

**Conclusiones del caso de uso individual 2**

Los resultados del caso de uso individual 2, a que se aplica una atención de 3 dB para simular un edificio de madera, muestran que el dispositivo de TIP debe situarse a más de 23,4 m del receptor de radioaficionados.

### 5.3.2.2 Casos de uso combinado

Los casos de uso combinado comprenden la utilización de cuatro dispositivos de TIP, instalados dentro de una casa. Cada uno de estos dispositivos se halla a 1 m de la pared y todos están distribuidos aleatoriamente en diversos rincones de las habitaciones. En el primer caso se aplica una pérdida debida a la penetración en el edificio de 10 dB, para simular los efectos de unas paredes de hormigón o de ladrillo, y en la segunda de 3 dB, para simular una construcción de madera.



Informe SM.2449-23

A fin de simular diferentes materiales de construcción a efectos de la definición de la distancia de protección, se evaluaron pérdidas debidas a la entrada en edificios con paredes tanto de madera como de hormigón. Los valores correspondientes se han incluido en el Cuadro 11.

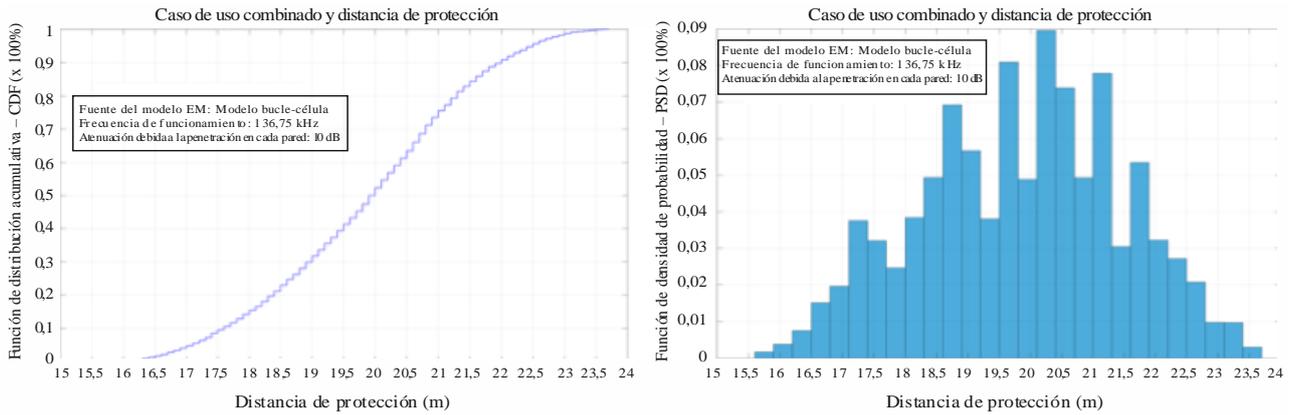
CUADRO 11

#### Valores utilizados para las pérdidas debidas a la entrada en edificios

Parámetro	Número de paredes	Pérdidas debidas a la entrada en edificios con paredes de madera (dB)	Pérdidas debidas a la entrada en edificios con paredes de hormigón (dB)
TIP1	2	6	20
TIP2	2	6	20
TIP3	1	3	10
TIP4	1	3	10

FIGURA 24

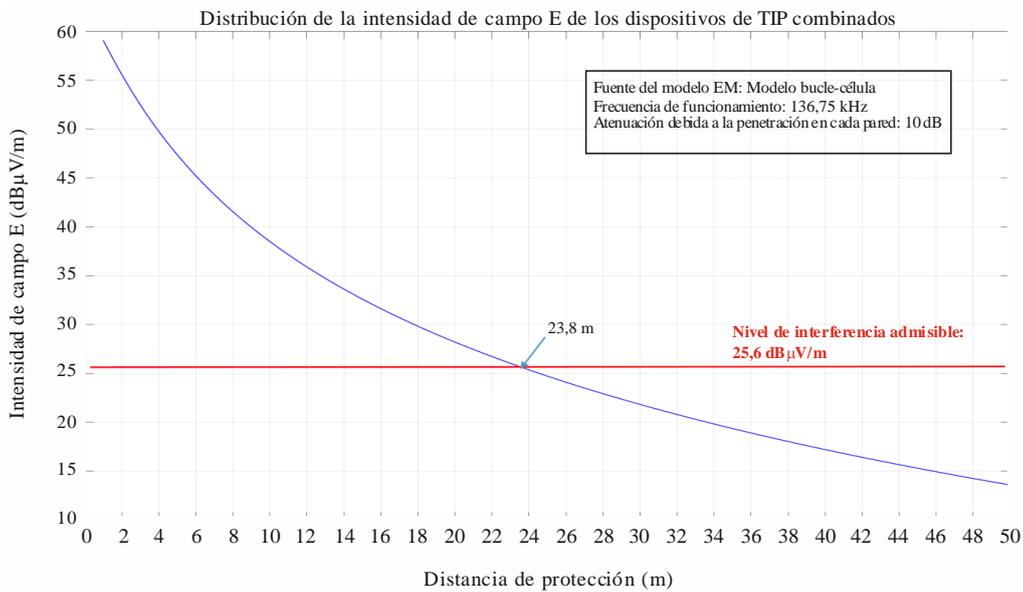
**Resultados de la simulación con una pérdida debida a la entrada en edificios de 10 dB**



Informe SM.2449-24

FIGURA 25

**Intensidad de campo E de los dispositivos de TIP combinados con una pérdida debida a la entrada en edificios de 10 dB**



Informe SM.2449-25

**Conclusiones de la simulación de uso combinado 1**

La distancia mínima de protección es de 15,5 m y la máxima es de 23,8 m, con una pérdida debida a la entrada en edificios con paredes de hormigón de 10 dB. Esta gama de valores se obtuvo situando el dispositivo de TIP cerca de una ventana. En el caso de la distancia máxima de 23,8 m, el dispositivo de TIP se hallaba muy cerca de una ventana; en el caso de la distancia mínima de 15,5 m, el dispositivo de TIP se hallaba cerca de una pared interior.

FIGURA 26

### Resultados de la simulación con una pérdida debida a la entrada en edificios de 3 dB

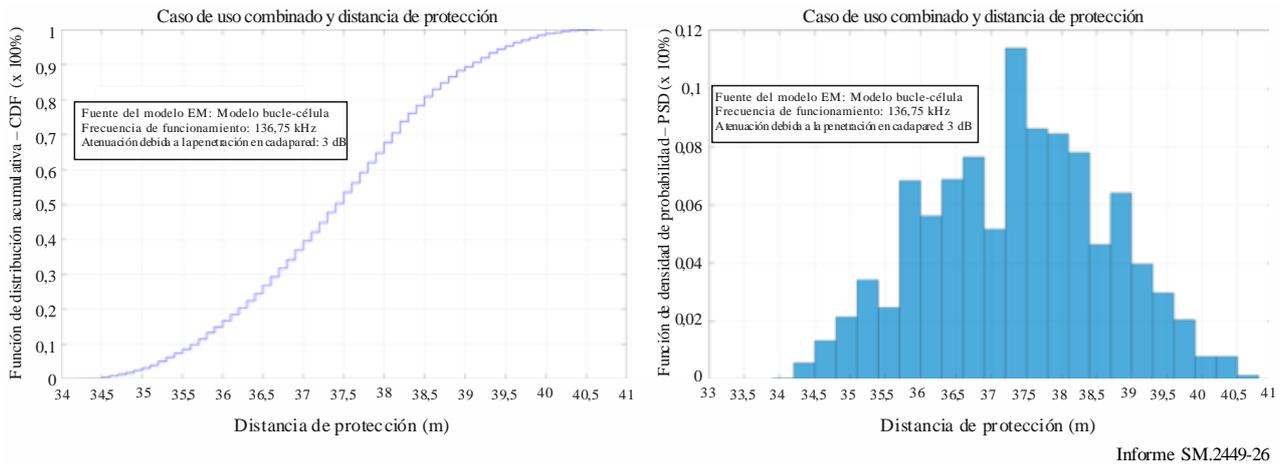
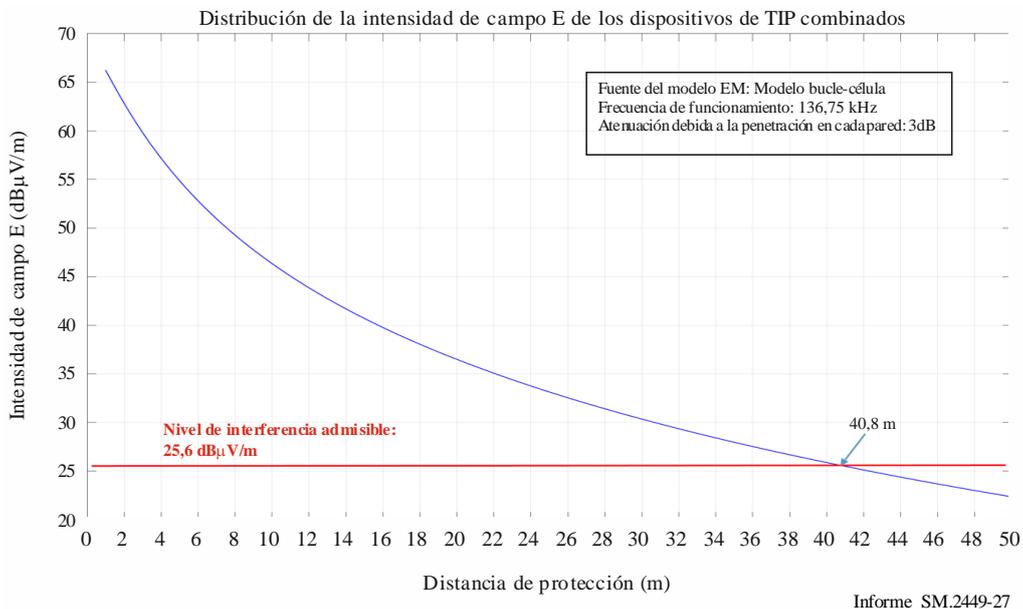


FIGURA 27

### Intensidad de campo E de los dispositivos de TIP combinados con una pérdida debida a la entrada en edificios de 3 dB



## Conclusiones del caso de uso combinado 2

La distancia mínima de protección es de 33,8 m y la máxima es de 40,8 m, con una pérdida debida a la entrada en edificios con paredes de madera de 3 dB. Esta gama de valores se obtuvo situando el dispositivo de TIP cerca de una ventana. En el caso de la distancia máxima de 40,8 m, el dispositivo de TIP se hallaba muy cerca de una ventana; en el caso de la distancia mínima de 33,8 m, el dispositivo de TIP se hallaba cerca de una pared interior.

### 5.3.3 Resumen de los resultados

En el Cuadro 12 *infra* se resumen los resultados de las simulaciones. Dichos resultados permiten concluir que los cargadores móviles de TIP sin haces radioeléctricos no afectan a los receptores del servicio de aficionados, cuando se hallan a más de 40,8 m de los receptores en cuestión.

CUADRO 12

**Resumen de los resultados**

Caso	Nivel de interferencia admisible (dB $\mu$ V/m)	Distancia de separación (m)
Caso de uso individual 1	25,6	15,3
Caso de uso individual 2	25,6	23,4
Caso de uso combinado 1	25,6	23,8
Caso de uso combinado 2	25,6	40,8

#### 5.4 Estudio sobre la incidencia de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en el servicio de radionavegación

El receptor Loran-C se considera un sistema actualmente afectado, que funciona a 90-110 kHz, con un ancho de banda de 20 kHz. Las características del sistema Loran-C se describen en la Recomendación UIT-R M.583, según lo dispuesto por el GT 5B.

Las estaciones de los sistemas Loran-C suelen instalarse en zonas no residenciales. En la Fig. 28 se muestran ejemplos a título de referencia. En este caso, el receptor Loran-C se halla a bordo de un barco.

FIGURA 28

**Estaciones Loran-C en zonas no residenciales**

Informe SM.2449-28

##### 5.4.1 Parámetros utilizados para la simulación

Los Cuadros 13 y 14 contienen los parámetros utilizados en las simulaciones para los sistemas interferente e interferido, respectivamente.

En los Estados Unidos, el título 47 del Código de Reglamentación Federal, § 15.31 (2), rige los requisitos de medición de los dispositivos de radiofrecuencias que funcionan en el campo cercano. Una vez aplicado el factor de extrapolación requerido por la FCC de 40 dB por década a los  $-15$  dB $\mu$ V/m a 300 m, el límite de estos dispositivos equivale a 44,08 dB $\mu$ V/m a 10 m.

El modelo de propagación utilizado para los campos cercano y lejano figura en el Informe UIT-R SM.2028.

En los casos de interferencia simulados, el dispositivo de TIP se situó sobre una mesa dentro de un edificio a 50 m de la costa, entre el transmisor y el receptor instalado a bordo de un barco en alta mar. El transmisor Loran-C se situó 5 km tierra adentro con respecto a la costa.

CUADRO 13

**Parámetros asumidos para los dispositivos de TIP que causan interferencia al receptor Loran-C**

Parámetros	Detalles
Tipo de dispositivo	Dispositivo móvil de TIP
Frecuencia de funcionamiento (kHz)	100-148,5 kHz
Intensidad del campo E radiado (dB $\mu$ V/m a 10 m)	44,08
Tipo de antena	Omnidireccional
Altura (m)	0,7
Distancia mínima con respecto a la costa (m)	50
Pérdida debida a la entrada en edificios (dB)	10
Modelo de propagación	Modelo de propagación de campo cercano y espacio libre

CUADRO 14

**Parámetros asumidos para el receptor Loran-C afectado**

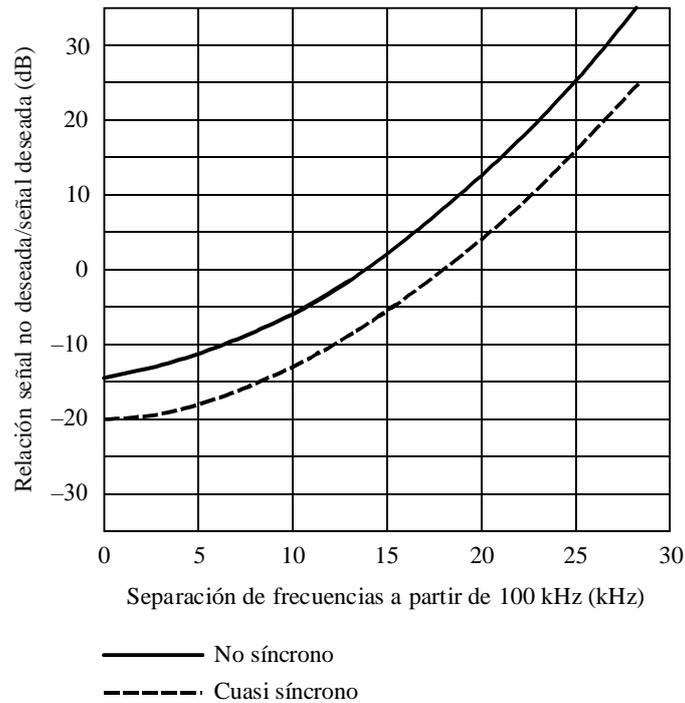
Parámetros	Detalles
Sistema afectado	Receptor de Loran-C
Frecuencia de funcionamiento (kHz)	100
Ancho de banda (kHz)	20
Diagrama de antena	Antena de varilla
Potencia de salida del transmisor de la estación Loran-C (kW)	40
Potencia de salida del transmisor de la estación Loran-C (dB $\mu$ V/m)	45
Criterios de protección (I/S)	-20 dB

Los criterios de protección utilizados son los incluidos en la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R M.589. Según esta referencia, los criterios de protección contra la interferencia dentro y fuera de la banda deberían seguir la curva de la Fig. 29. La curva más desfavorable (valor cuasi síncrono) se utiliza para evaluar el riesgo de interferencia.

La hipótesis más desfavorable comprende -20 dB de interferencia cuasi síncrona a 100 kHz (0 kHz de separación de frecuencias a partir de 100 kHz); por tanto, 25 dB $\mu$ V/m es un nivel de ruido aceptable en el receptor Loran-C. Además, si la hipótesis más desfavorable supone -13 dB de interferencia cuasi síncrona a 110 kHz, 32 dB $\mu$ V/m constituye un nivel de ruido aceptable en el receptor Loran-C. De acuerdo con lo anterior, en esta evaluación se utilizó un valor de 25 dB $\mu$ V/m a 100 kHz como nivel de ruido aceptable máximo en el receptor Loran-C. La Fig. 29 ilustra los criterios de protección contra la interferencia descritos en la Recomendación UIT-R M.589 y el Cuadro 15 resume los parámetros de interferencia utilizados a continuación.

FIGURA 29

## Criterios de protección de Loran-C/IOC



Informe SM.2449-29

CUADRO 15

## Parámetros asumidos para el sistema Loran-C afectado

Frecuencia interferente	Intensidad de campo de señal deseada mínima	Criterios del Loran-C/IOC (cuasi síncrono)	Ruido aceptable en el receptor Loran-C (dB $\mu$ V/m)
100 kHz	45	-20	25
110 kHz	45	-13	32

CUADRO 16

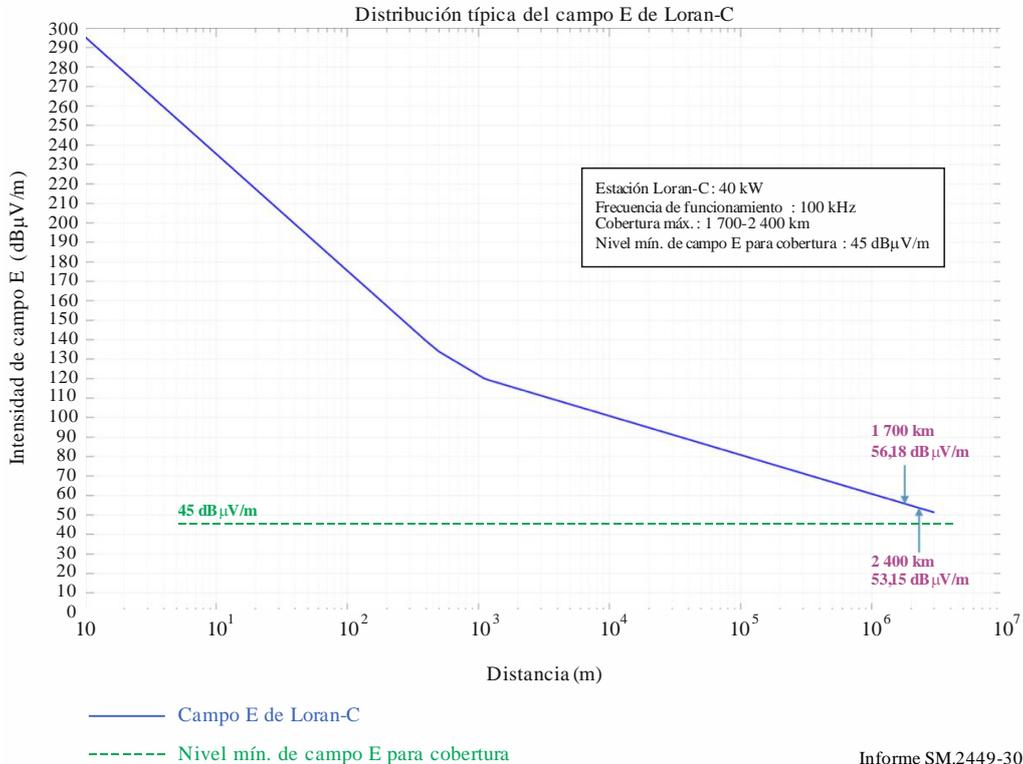
## La relación E/H se utiliza para calcular la intensidad de campo E de campo cercano del dispositivo de TIP

Distancia (m)	Relación E/H (dB-ohmios)
10	17,95
100	38,32
1 000	53,26
2 000	52,01
5 000	51,61
10 000	51,55

### Distribución de la intensidad de la señal de Loran-C

Basándose en los 40 kW de la estación Loran-C, la Fig. 30 muestra la distribución del campo E de Loran-C a lo largo de la distancia correspondiente. En los 1 700-2 400 km de cobertura objetivo, la intensidad de la señal de Loran-C es mucho más fuerte que el nivel mínimo de señal requerido.

FIGURA 30  
Distribución típica del campo E de Loran-C

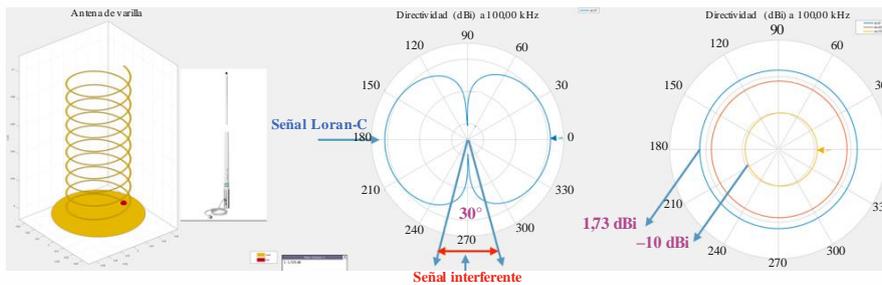


Informe SM.2449-30

### Modelo de antena para el receptor Loran-C

En esta evaluación, se considera que la antena receptora Loran-C es una antena de varilla instalada en la parte superior de un barco. De acuerdo con el resultado de la simulación ilustrada en la Fig. 31, la ganancia delta de la relación entre ganancia no deseada y ganancia deseada es de -11,73 dB.

FIGURA 31  
Ganancia de la antena receptora de Loran-C



Informe SM.2449-31

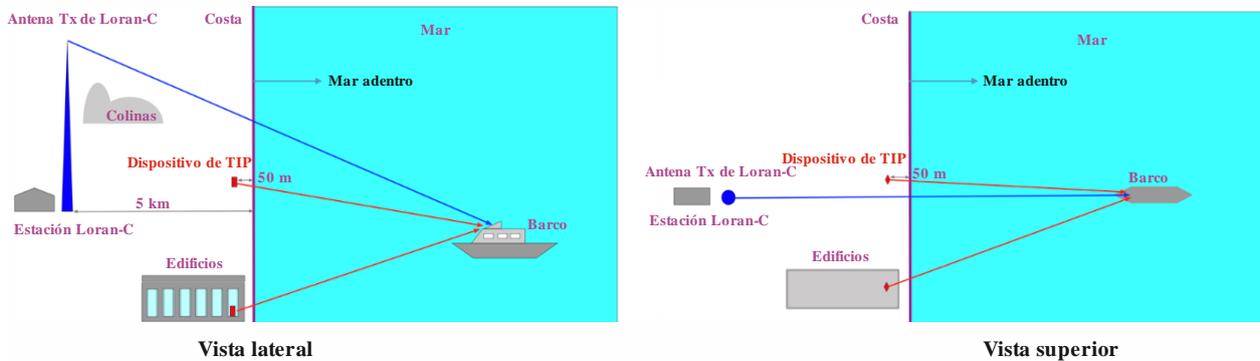
## 5.4.2 Hipótesis y resultados de las simulaciones

### 5.4.2.1 Modelo de simulación #1

El Modelo #1 comprende un único dispositivo de TIP situado dentro o cerca de un edificio construido a 50 m en tierra. El receptor Loran-C es el sistema afectado y se haya instalado a bordo de un barco.

FIGURA 32

Modelo #1 para el estudio de incidencia en el receptor Loran-C



La Fig. 33 ilustra los resultados consolidados del Modelo #1 (caso de uso individual). Cuando el dispositivo de TIP funciona a 100 kHz, existe un margen de 80 dB entre la señal que se ha de proteger (26,21 dB $\mu$ V/m) y la intensidad de campo E del transmisor Loran-C, que excede los 110 dB $\mu$ V/m en la costa.

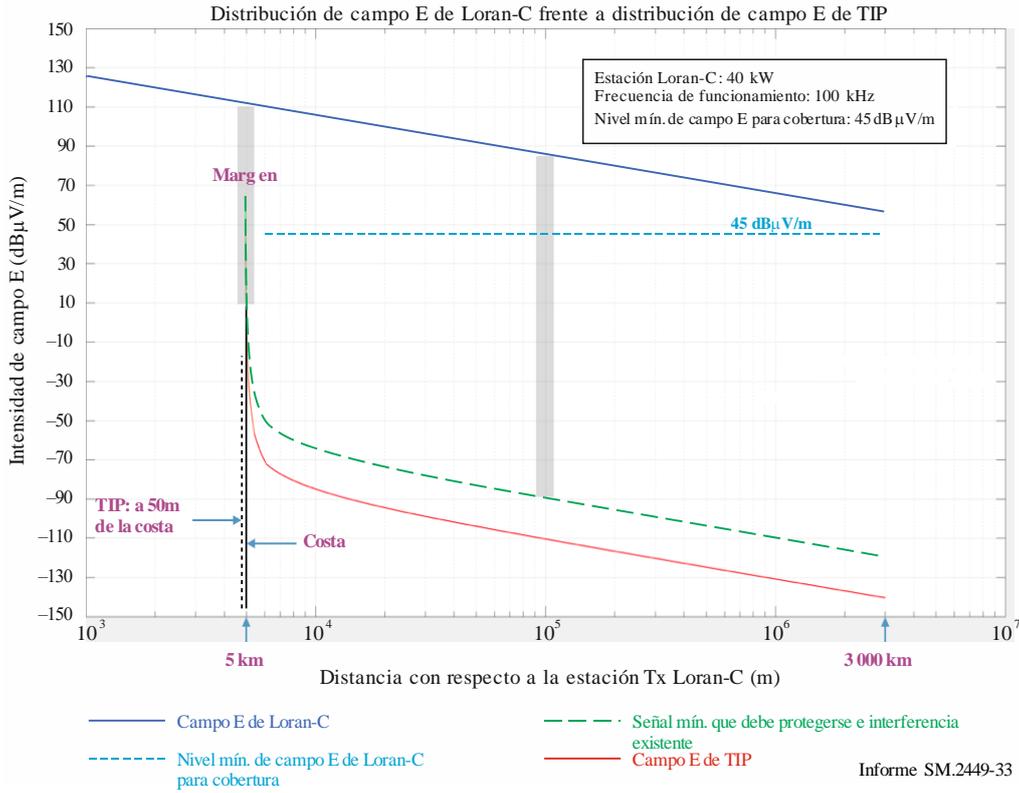
CUADRO 17

Modelo #1 para el receptor Loran-C – Uso individual

Parámetros	Valor
Intensidad de campo E de TIP a 300 m (dB $\mu$ V/m)	-15
Intensidad de campo E de TIP a 10 m (dB $\mu$ V/m)	44,08
Intensidad de campo E de TIP a 50 m (dB $\mu$ V/m) (lejos de la costa)	16,12
Pérdida debida a la entrada en edificios (dB)	10
Relación de protección (dB)	20
Nivel de señal que se ha de proteger (dB $\mu$ V/m) – 50 m de distancia de protección base	26,12
Intensidad de la señal de Loran-C (dB $\mu$ V/m) en la costa	>110
Margen (dB)	>80

FIGURA 33

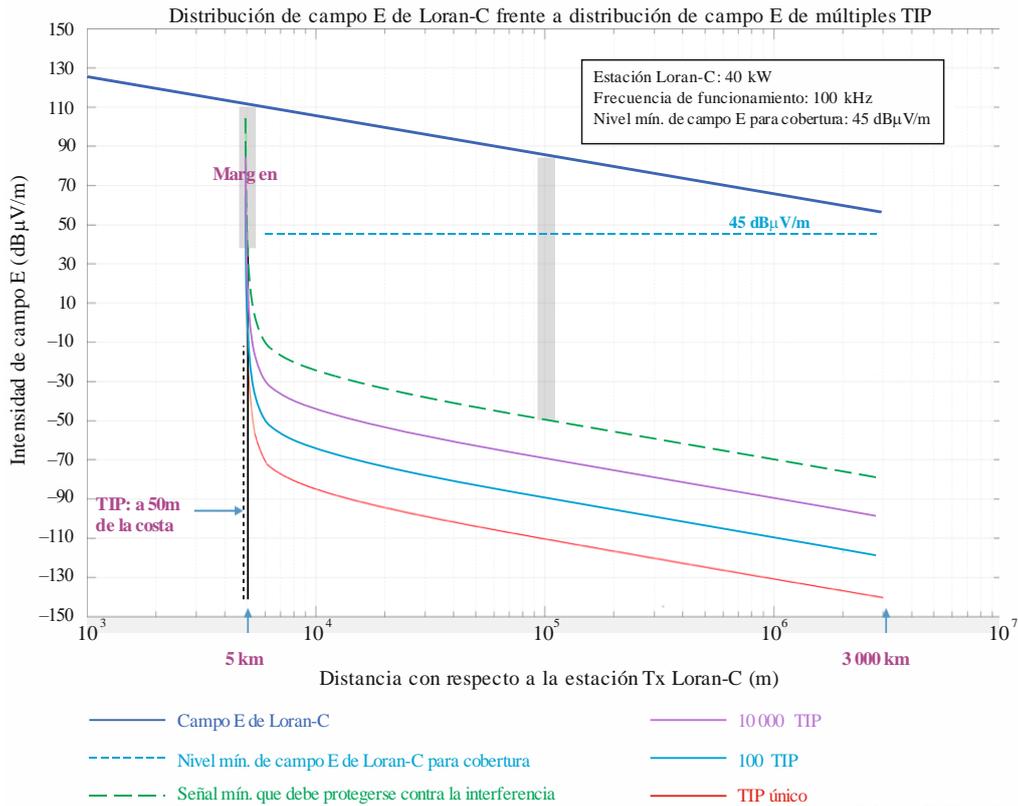
Modelo #1 para el receptor Loran-C – Caso de uso individual



La Fig. 34 ilustra los resultados consolidados de los diferentes casos de uso combinado y muestra los niveles de señal de campo E de 100 y 10 000 dispositivos de TIP activos, que funcionan de manera simultánea. Cuando 10 000 dispositivos de TIP activos funcionan a 100 kHz simultáneamente, existe un margen de 3,88 dB entre la señal que se ha de proteger (66 dBµV/m para 100 dispositivos y 106,12 dBµV/m para 10 000 dispositivos) y la intensidad de campo E del transmisor Loran-C, que excede los 110 dBµV/m en la costa.

FIGURA 34

Modelo #1 para el receptor Loran-C – Caso de uso combinado



Informe SM.2449-34

5.4.2.2 Modelo de simulación #2

El segundo Modelo #2 comprende un transmisor Loran-C en tierra, ubicado a 5 km de la costa; un dispositivo móvil de TIP, situado bajo la cubierta de un barco; y una antena receptora de Loran-C, instalada en la parte superior del barco. Considerando una pérdida debida a la entrada en edificios de 10 dB y la relación E/H de 17,95 dB del Cuadro 16, el campo E de interferencia admisible a 10 m sería de 34,08 dBµV/m. Según se indica en el Cuadro 14, se requiere una relación I/S de -20 dB. De acuerdo con la siguiente ecuación, cuando el dispositivo móvil de TIP funciona a 10 m de distancia de la antena receptora de Loran-C, el máximo nivel de señal interferente aceptable sería de 42,35 dBµV/m.

Máximo nivel de ruido aceptable en la ecuación del receptor Loran-C:

$$\text{Nivel de interferencia} - \text{ganancia delta} + \text{nivel de protección} = 34,08 - 11,73 + 20 = 42,35 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

Modelo #2 – Caso de uso individual

En el Cuadro 18 figuran los parámetros iniciales y los resultados de la simulación correspondientes al Modelo #2 (caso de uso individual). Los resultados de la simulación muestran que un dispositivo de TIP con un nivel de campo E de 34,08 dBµV/m debe situarse a una distancia superior a 5,37 m de la antena receptora de Loran-C, para mantener el nivel de señal mínimo a la máxima distancia de cobertura de 2 400 km.

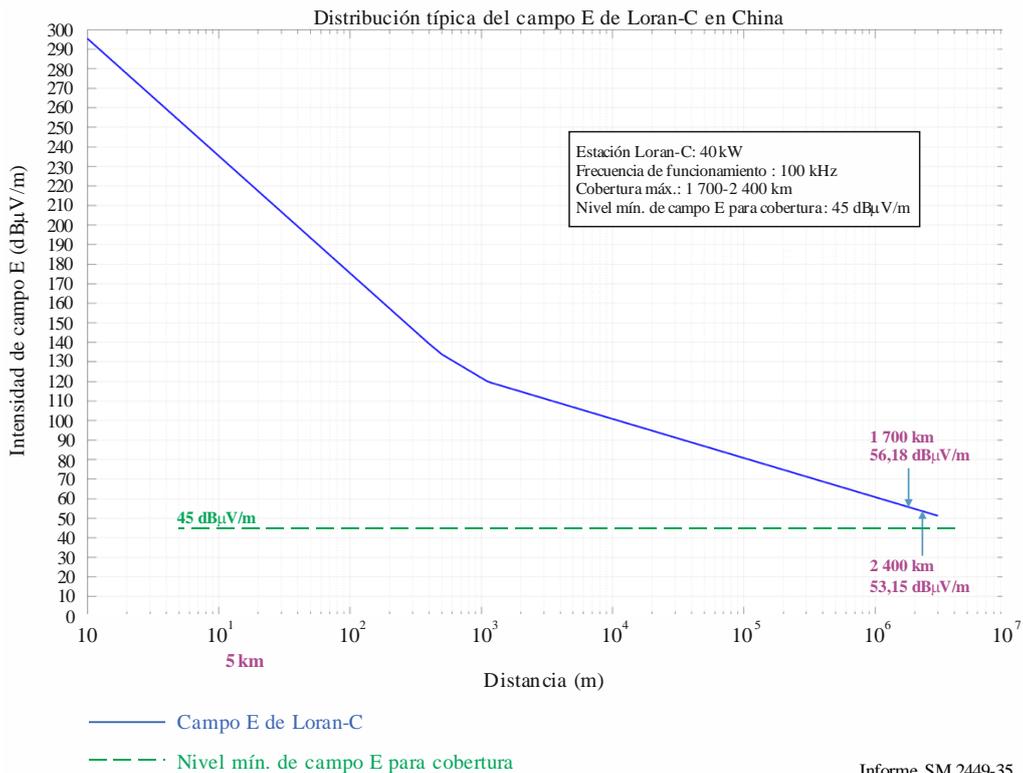
CUADRO 18

**Modelo #2 para el receptor Loran-C – Caso de uso individual**

Parámetros	Valor
Intensidad de campo E de TIP a 300 m (dB $\mu$ V/m)	-15
Intensidad de campo E de TIP a 10 m (dB $\mu$ V/m)	44,08
Pérdida debida a la entrada en edificios (dB)	10
Intensidad de campo E de TIP a 10 m (dB $\mu$ V/m) con pérdida debida a la entrada en edificios	34,08
Ganancia de antena delta para señal deseada e interferencia de TIP (dB)	-11,73
Relación de protección (dB)	20
Nivel de señal que se ha de proteger (dB $\mu$ V/m) – 10 m de distancia de protección base	42,35
Cobertura del nivel de señal que se ha de proteger (km) – 10 m de distancia de protección base	8 355
Distancia de protección (m) – basada en 1 700 km	4,51
Distancia de protección (m) – basada en 2 400 km	5,37

La Fig. 35 ilustra la información consolidada para el Modelo #2 (caso de uso individual). La Figura muestra los resultados en materia de distancia de protección incluidos en el Cuadro 18.

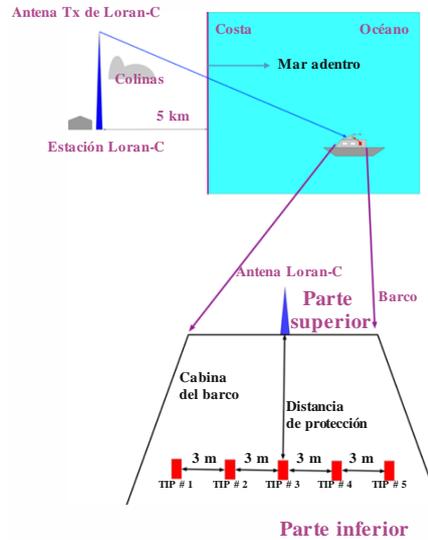
FIGURA 35

**Modelo #2 para el estudio de incidencia en el receptor Loran-C – Uso individual**

### Modelo #2 – Caso de uso combinado

Este caso comprende la utilización de cinco dispositivos móviles de TIP, operativos simultáneamente bajo la cubierta de un barco y situados a 3 m de distancia entre sí, según se indica en la Fig. 36. Los parámetros iniciales del caso de uso combinado figuran en el Cuadro 19.

FIGURA 36  
Modelo #2 para el receptor Loran-C – Caso de uso combinado



Informe SM.2449-36

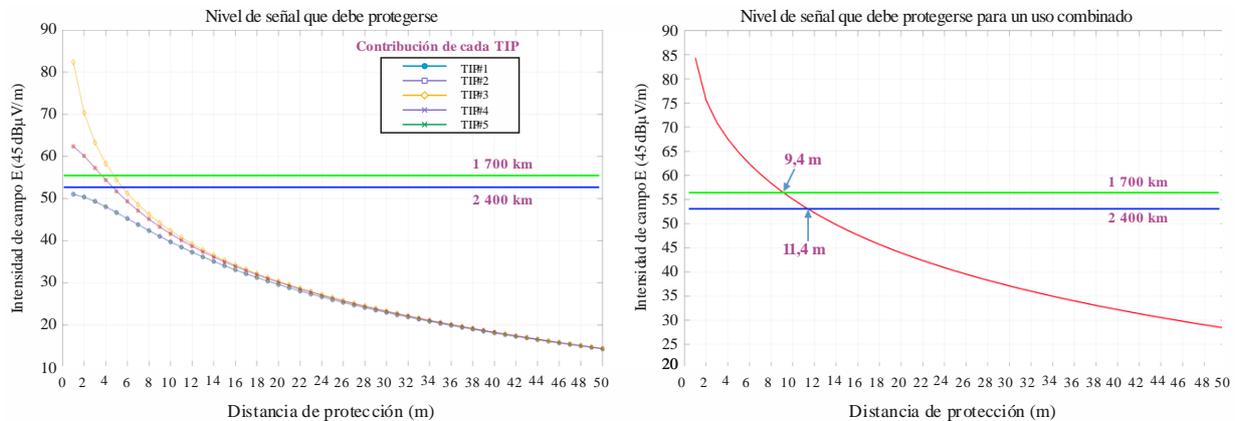
CUADRO 19  
Modelo #2 para el receptor Loran-C – Caso de uso combinado

Parámetros	Valor
Número de dispositivos de TIP activos	5
Intensidad de campo E de TIP a 300 m (dB $\mu$ V/m)	-15
Intensidad de campo E de TIP a 10 m (dB $\mu$ V/m)	44,08
Pérdida debida a la entrada en edificios (dB)	10
Intensidad de campo E de TIP a 10 m (dB $\mu$ V/m) con pérdida debida a la entrada en edificios	34,08
Ganancia de antena delta para señal deseada e interferencia de TIP (dB)	-11,73
Relación de protección (dB)	20
Cobertura del nivel de señal protegido (km) – 10m de distancia de protección base	8 355
Nivel de señal que se ha de proteger a 1 700 km (dB $\mu$ V/m)	56,18
Distancia de protección requerida para una cobertura de 1 700 km (m)	9,4
Nivel de señal que se ha de proteger 2 400 km (dB $\mu$ V/m)	53,13
Distancia de protección requerida para una cobertura de 2 400 km (m)	11,4

La Fig. 37 ilustra la información consolidada para el Modelo #2 (caso de uso combinado). Con el fin de no repercutir en el receptor Loran-C en la distancia máxima de cobertura de 2 400 km, los dispositivos de TIP más próximos a la antena receptora Loran-C deben mantenerse a 11,4 m de distancia.

FIGURA 37

### Modelo #2 para el estudio de incidencia en el receptor Loran-C – Nivel de señal combinado



Informe SM.2449-37

### 5.4.3 Resumen de los resultados

El receptor Loran-C no se ve afectado en el caso del Modelo #1, en que los cargadores móviles de TIP se hallan en tierra.

En el marco del Modelo #2 (caso de uso individual), el receptor Loran-C no se ve afectado por el cargador de dispositivo móvil de TIP a bordo cuando el dispositivo se halla a 4,51 m de distancia de la antena receptora Loran-C en su rango máximo de cobertura de 1 700 km, y a 5,37 m cuando la distancia máxima de cobertura deseada es de 2 400 km.

En el marco del Modelo #2 (caso de uso combinado), el receptor Loran-C no se ve afectado por los dispositivos móviles de TIP a bordo cuando el dispositivo de TIP más próximo se halla a 9,4 m de distancia de la antena receptora Loran-C en su rango máximo de cobertura de 1 700 km, y a 11,4 m cuando la distancia máxima de cobertura deseada es de 2 400 km.

## 5.5 Estudio sobre la incidencia de las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en el servicio de radionavegación aeronáutica

### 5.5.1 Parámetros utilizados para la simulación

En los Estados Unidos, el título 47 del Código de Reglamentación Federal, § 15.31 (2), rige los requisitos de medición de los dispositivos de radiofrecuencias que funcionan en el campo cercano. Una vez aplicado el factor de extrapolación requerido por la FCC de 40 dB por década a los  $-15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  a 300 m, el límite de los dispositivos de TIP sin haces radioeléctricos equivale a  $44,08 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  a 10 m. En este caso, se ha utilizado un modelo para la propagación en el campo cercano.

El grupo rector del UIT-R sentó las bases para el análisis de la incidencia según se indica en el Cuadro 20.

CUADRO 20

**Límite de interferencia admisible de sistemas de radiogoniometría automática (ADF)/radiofaros no direccional (NDB)**

Servicio	Gama de frecuencias (kHz)	Ancho de banda del receptor de ADF/NDB (kHz)	Límite de interferencia admisible (dB $\mu$ V/m)
Radionavegación aeronáutica	130-535	2,7	21,9

### 5.5.2 Hipótesis y resultados de las simulaciones

#### 5.5.2.1 Caso de uso individual

El caso de uso individual comprende un único dispositivo de TIP, situado dentro de un edificio, y una aeronave que sobrevuela el edificio en cuestión.

FIGURA 38  
Caso de uso individual

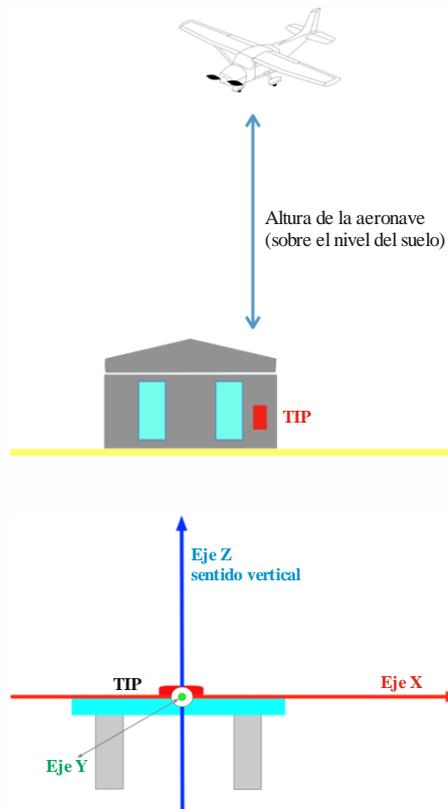


FIGURA 39

**Campo E del dispositivo único respecto de la altura sobre el nivel del suelo (m)**

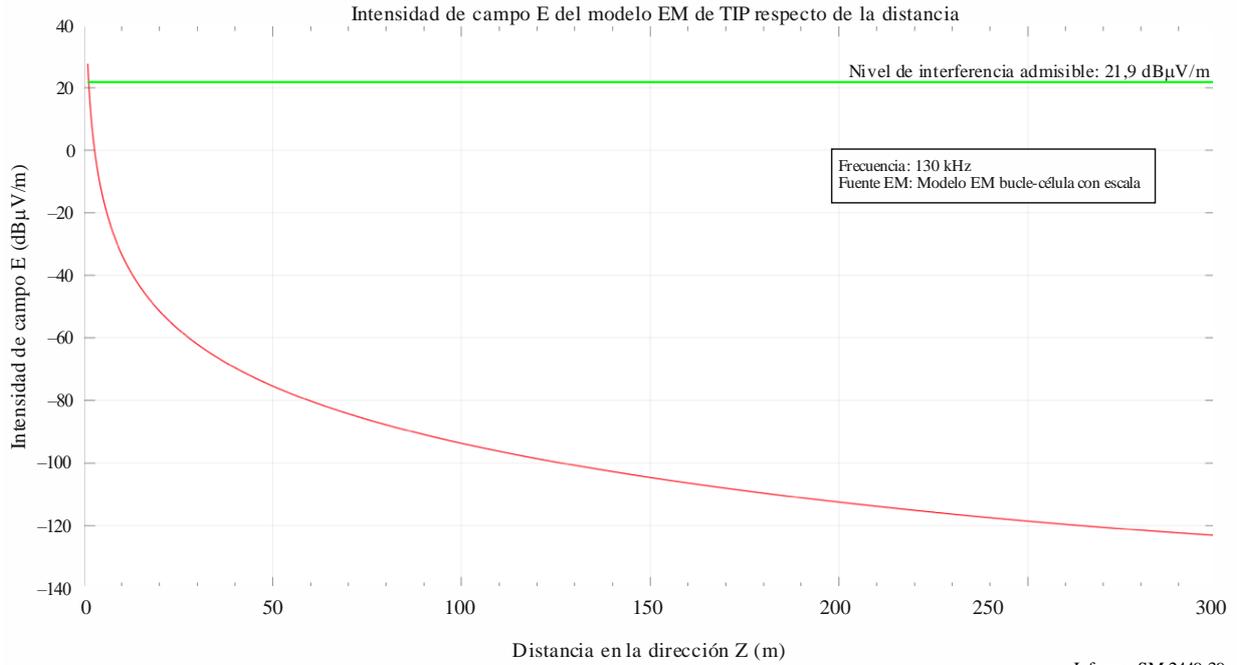
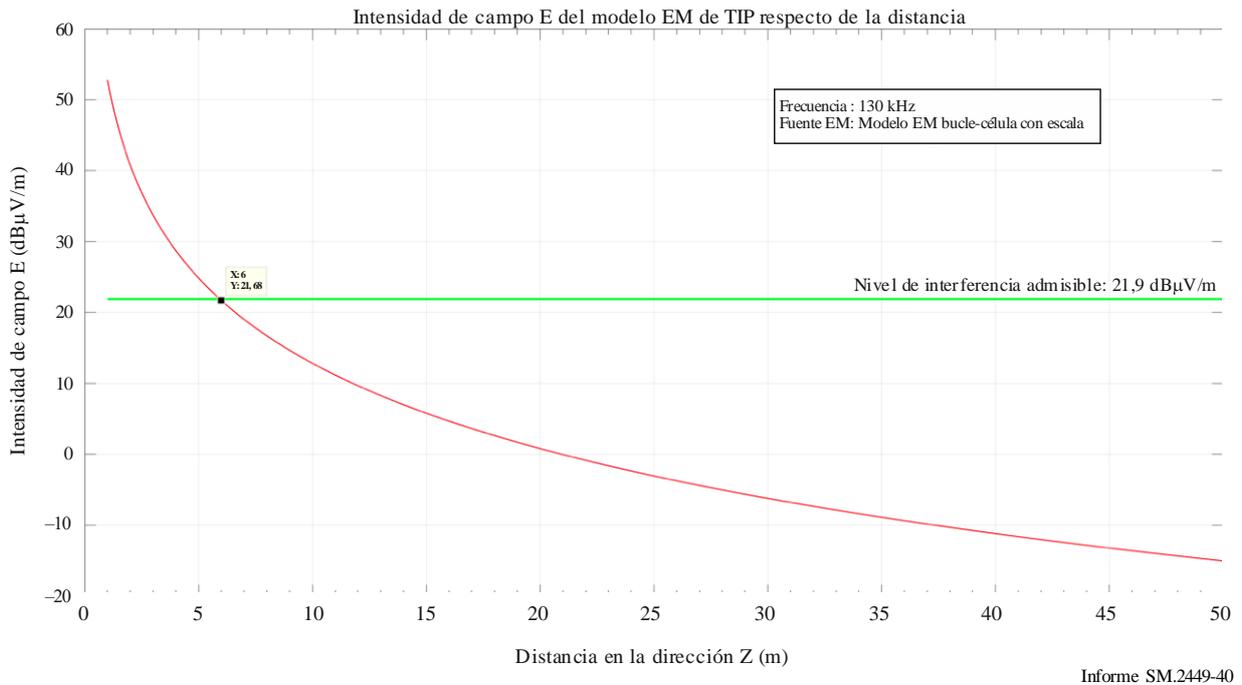


FIGURA 40

**Campo E del dispositivo único respecto de la altura sobre el nivel del suelo (m) (ampliación)**



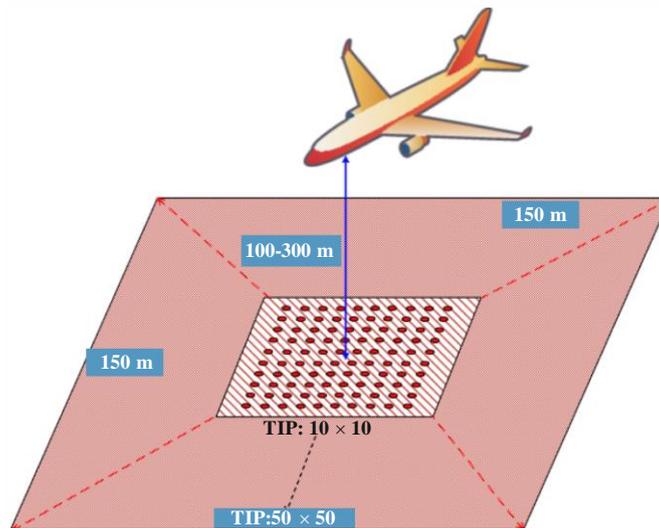
**Conclusiones del caso de uso individual**

Los resultados del caso de uso individual muestran que la incidencia en el receptor de ADF no supera el umbral establecido en distancias inferiores a 6 m. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en el cálculo. La inclusión de estas pérdidas reduciría aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

5.5.2.2 Caso de uso combinado

El caso de uso combinado comprende diversos dispositivos de TIP situados a 3 m de distancia entre sí, dentro de un cuadrado de 150 m × 150 m, lo que representa un conjunto de 50 × 50 dispositivos de TIP. En las simulaciones, se reprodujeron diferentes niveles de actividad y se utilizaron dos altitudes de aeronave, a saber, 100 m y 300 m. A título de referencia, las altitudes mínimas de seguridad en los Estados Unidos son de 500 pies (≈150 m) sobre aguas abiertas o zonas escasamente pobladas, y 1 000 pies (≈300 m) sobre zonas urbanas. La antena receptora de ADF de la aeronave se halla sobre el centro del cuadrado. Los campos radiados se añaden utilizando la agregación vectorial.

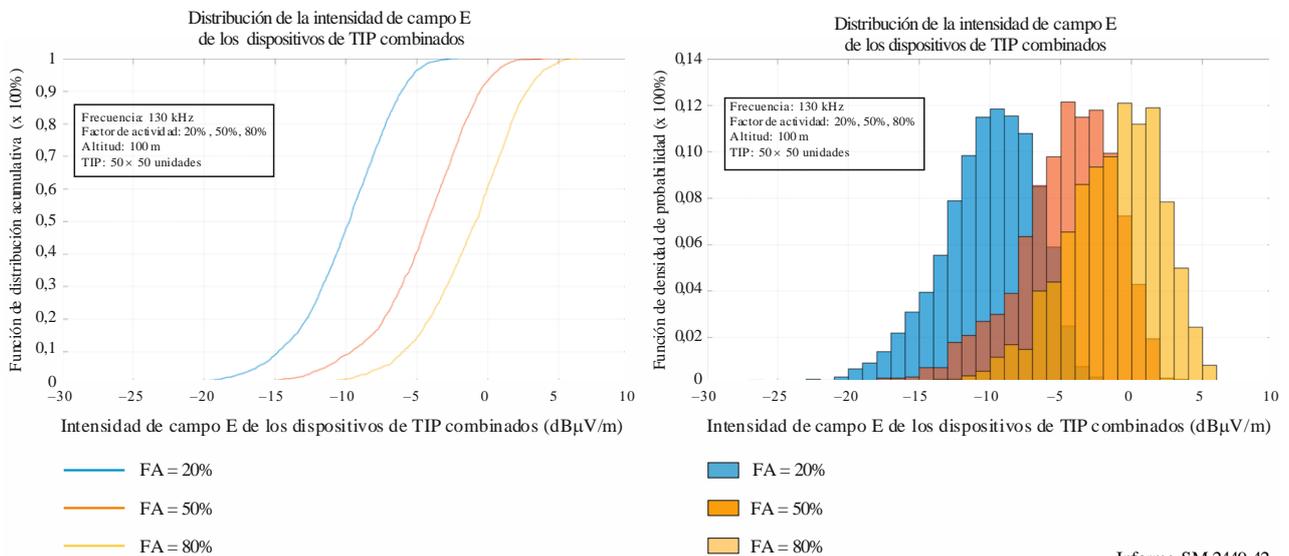
FIGURA 41  
Representación del caso de uso combinado



Informe SM.2449-41

La Fig. 42 muestra los resultados correspondientes a una altitud de aeronave de 100 m.

FIGURA 42  
Distribución del campo E radiado de los dispositivos de TIP combinados  
(aeronave a 100 m de altura)



Informe SM.2449-42

Factor de actividad	E máx. (dBμV/m)	Med. (dBμV/m)	Normal	Máx. interferencia admisible (dBμV/m)	Margen/separación (dB)
20%	-2,1	-10,2	3,4	21,9	24,0
50%	4,4	-4,7	3,6	21,9	17,5
80%	6,5	-1,3	3,5	21,9	15,4

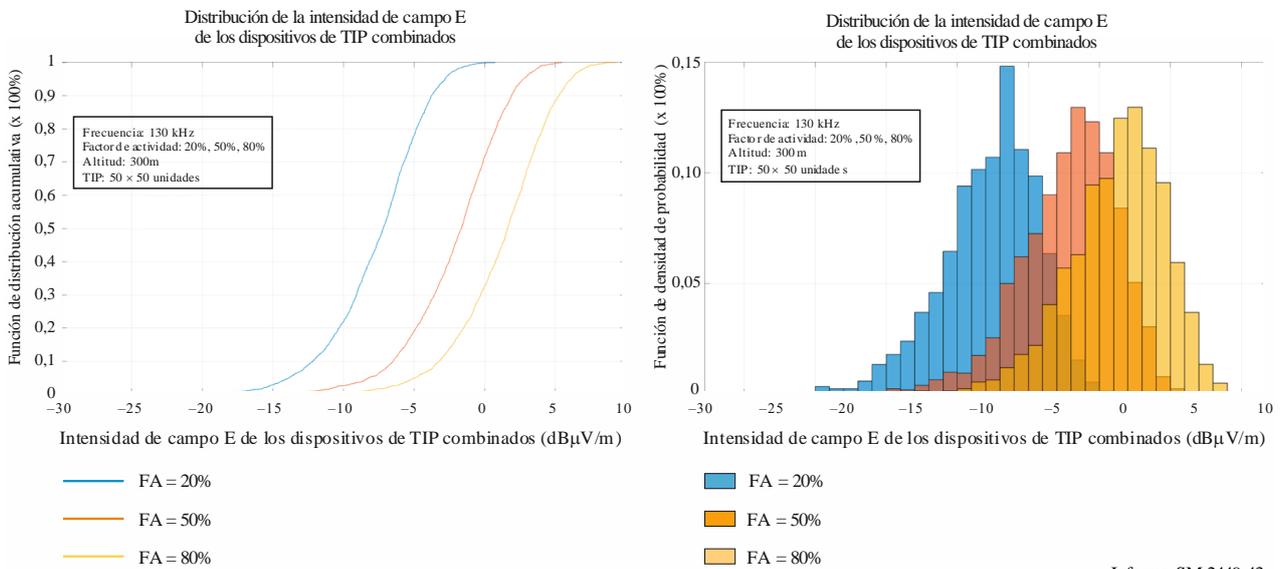
**Conclusiones para una aeronave a 100 m de altitud**

La simulación ha demostrado que el máximo nivel de intensidad de campo calculado, incluso con un factor de actividad del 80%, es 15,4 dB inferior al nivel máximo de interferencia admisible. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en la simulación, no obstante, estas reducirían aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

La Fig. 43 muestra los resultados correspondientes a una altitud de aeronave de 300 m.

FIGURA 43

**Distribución del campo E radiado de los dispositivos de TIP combinados (aeronave a 300 m de altura)**



Factor de actividad	E máx. (dBμV/m)	Med. (dBμV/m)	Normal	Máx. interferencia admisible (dBμV/m)	Margen/separación (dB)
20%	-24,3	-32,7	3,4	21,9	46,2
50%	-19,5	-27,1	3,4	21,9	41,4
80%	-15,7	-23,8	3,5	21,9	37,6

### **Conclusiones para una aeronave a 300 m de altitud**

La simulación ha demostrado que el máximo nivel de intensidad de campo calculado, incluso con un factor de actividad del 80%, es 37,6 dB inferior al nivel máximo de interferencia admisible. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en la simulación, no obstante, estas reducirían aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

#### **5.5.3 Resumen de los resultados**

Las simulaciones han demostrado que el campo E de los cargadores de TIP para dispositivos móviles y portátiles no incide en la recepción de señales de ADF/NDB. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en los cálculos/simulaciones, no obstante, estas reducirían aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

## **6 Conclusión**

Se utilizaron modelos y mediciones de emisiones para analizar la incidencia de la TIP para dispositivos móviles y portátiles en los servicios de radiocomunicaciones. En el informe, se analizó la incidencia de este tipo de interferencia en los servicios de radiodifusión AM, de radioaficionados y de radionavegación aeronáutica (ADF/NDB). Los dispositivos de TIP utilizados para cargar dispositivos móviles y portátiles que funcionan en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz deben situarse a una distancia adecuada de los receptores de los servicios de radiocomunicaciones para no causarles interferencia. En un estudio sobre radiodifusión AM se determinó que la distancia de separación necesaria era de 2,3 m, mientras que en otro estudio se indicó que la distancia de separación necesaria podía ser mayor. Para el servicio de radioaficionados, esta distancia oscila entre 15,3 m y 40,8 m, en función del caso. En los estudios relativos a la radionavegación aeronáutica (ADF/NDB) se constató que las distancias de separación requeridas eran notablemente inferiores a las altitudes mínimas de seguridad de los vuelos (a las que se hace referencia en el § 5.5.2.2).

## Anexo 1

## Referencias

Documento del UIT-R y número	Título del documento del UIT-R
Acuerdo Regional GE75	
Recomendación UIT-R P.368-7	<i>Curvas de propagación por onda de superficie para frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 30 MHz</i>
Recomendación UIT-R P.372	<i>Ruido radioeléctrico</i>
Recomendación UIT-R BS.468	<i>Medición del nivel de tensión del ruido de audiofrecuencia en radiodifusión sonora</i>
Recomendación UIT-R BS.498	<i>Transmodulación ionosférica en las bandas de radiodifusión de ondas kilométricas y hectométricas</i>
Recomendación UIT-R P.532	<i>Efectos ionosféricos y consideraciones de explotación en relación con la modificación artificial de la ionosfera y del canal de ondas radioeléctricas</i>
Recomendación UIT-R BS.559	<i>Medición objetiva de las relaciones de protección en radiofrecuencia en las bandas de radiodifusión por ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas</i>
Recomendación UIT-R BS.560	<i>Relaciones de protección en radiofrecuencia para la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas</i>
Recomendación UIT-R BS.561	<i>Definiciones de la radiación en radiodifusión (ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas)</i>
Recomendación UIT-R M.589	<i>Características técnicas de los métodos de transmisión de datos y de protección contra la interferencia para los servicios de radionavegación en las bandas de frecuencias comprendidas entre 70 y 130 kHz</i>
Recomendación UIT-R BS.638	<i>Términos y definiciones utilizados en la planificación de frecuencias para radiodifusión sonora</i>
Recomendación UIT-R BS.639	<i>Anchura de banda necesaria para la emisión en radiodifusión (ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas)</i>
Recomendación UIT-R BS.703	<i>Características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de amplitud para fines de planificación</i>
Recomendación UIT-R M.823	<i>Características técnicas de las transmisiones diferenciales efectuadas para sistemas mundiales de navegación por satélite desde radiobalizas marítimas en la banda de frecuencias 283,5-315 kHz en la Región 1 y 285-325 kHz en las Regiones 2 y 3</i>
Recomendación UIT-R SM.1056	<i>Limitación de las radiaciones procedentes de equipos industriales, científicos y médicos (ICM)</i>
Recomendación UIT-R P.1147	<i>Predicción de la intensidad de campo de la onda ionosférica en frecuencias comprendidas entre 150 y 1 700 kHz aproximadamente</i>
Recomendación UIT-R P.1321	<i>Factores de propagación que afectan a los sistemas con técnicas de modulación digital en ondas kilométricas y hectométricas</i>
Recomendación UIT-R BS.1348	<i>Requisitos de servicio de la radiodifusión sonora digital para frecuencias inferiores a 30 MHz</i>

<b>Documento del UIT-R y número</b>	<b>Título del documento del UIT-R</b>
Recomendación UIT-R BS.1386	<i>Características y diagramas de las antenas transmisoras en ondas kilométricas y hectométricas</i>
Recomendación UIT-R BS.1387	<i>Método para mediciones objetivas de la calidad de audio percibida</i>
Recomendación UIT-R BS.1514	<i>Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz</i>
Recomendación UIT-R M.1732-2	<i>Características de los sistemas que funcionan en el servicio de aficionados y de aficionados por satélite para utilizarlas en estudios de compartición</i>
Recomendación UIT-R BS.1895	<i>Criterios de protección para los sistemas de radiodifusión terrenal</i>
Recomendación UIT-R SM.1896	<i>Gamas de frecuencia para la armonización mundial o regional de los dispositivos de corto alcance</i>
Recomendación UIT-R SM.2028	<i>Cálculo de distancia de protección entre sistemas inductivos y servicios de radiocomunicaciones que utilizan frecuencias por debajo de 30 MHz</i>
Recomendación UIT-R SM.2103	<i>Armonización mundial de categorías de dispositivos de corto alcance</i>
Recomendación UIT-R SM.2110	<i>Gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces radioeléctricos</i>
Informe UIT-R BS.401	<i>Antenas de emisión para radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas</i>
Informe UIT-R BS.458	<i>Características de los sistemas de radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas</i>
Informe UIT-R SM.2057	<i>Studies related to the impact of devices using ultra-wideband technology on radiocommunication services</i>
Informe UIT-R SM.2153	<i>Parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos</i>
Informe UIT-R SM.2154	<i>Técnicas de medición de ocupación del espectro por dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance</i>
Informe UIT-R SM.2179	<i>Mediciones de dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance</i>
Informe UIT-R SM.2180	<i>Influencia de las equipos industriales, científicos y médicos (ICM) sobre los servicios de radiocomunicaciones</i>
Informe UIT-R SM.2210	<i>Incidencia de las emisiones de dispositivos de corto alcance en los servicios de radiocomunicaciones</i>
Informe UIT-R SM.2303	<i>Transmisión inalámbrica de potencia mediante tecnologías distintas de las de haces radioeléctricos</i>

## Anexo 2

### Abreviaturas

<b>Término</b>	<b>Explicación</b>
ADC	Convertidor de analógico a digital ( <i>analogue digital converter</i> )
ADF	Radiogoniometría automática ( <i>automatic direction finder</i> )
AM	Amplitud modulada
BBC	British Broadcasting Corporation
BW	Ancho de banda ( <i>bandwidth</i> )
FCC	Federal Communications Commission
NDB	Radiofaro no direccional ( <i>non-directional beacon</i> )
EV	Vehículo eléctrico ( <i>electric vehicle</i> )
ICM	Industriales, científicas y médicas (aplicaciones)
LF	Baja frecuencia ( <i>low frequency</i> )
TIP	Transmisión inalámbrica de potencia

---