

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Informe UIT-R SM.2451-0**  
(06/2019)

## **Evaluación de los efectos de la transmisión inalámbrica de potencia para vehículos eléctricos sobre 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.2451-0

**Evaluación de los efectos de la transmisión inalámbrica de potencia para vehículos eléctricos sobre los servicios de radiocomunicaciones**

(2019)

## ÍNDICE

*Página*

1	Introducción.....	6
2	Características técnicas y requisitos de protección de los servicios de radiocomunicaciones .....	6
3	Características de sistema de las aplicaciones de TIP-VE .....	8
3.1	Características radioeléctricas de la TIP-VE .....	8
3.2	Hipótesis de uso de la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz.....	9
3.3	Hipótesis de uso de la TIP-VE a 79-90 kHz.....	12
3.4	Factor de actividad estimado por plataforma de carga .....	13
4	Resumen de los estudios relativos a los efectos de la TIP-VE sobre los servicios de radiocomunicaciones .....	14
4.1	Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE en la gama de frecuencias 19-25 kHz .....	14
4.2	Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE en la gama de frecuencias 55-65 kHz .....	16
4.3	Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE en la gama de frecuencias 79-90 kHz .....	18
4.4	Límites aplicables a la emisión radiada de los sistemas TIP-VE para la protección de la radiodifusión AM .....	20
4.5	Efectos de las emisiones radiadas no esenciales y de armónicos sobre el servicio de aficionados y requisitos de protección pertinentes.....	24
5	Medidas de armonización y atenuación para reducir al mínimo los efectos de la TIP-VE sobre los servicios de radiocomunicaciones .....	26
5.1	Armonización mundial .....	26
5.2	Medidas de atenuación .....	26
6	Conclusiones.....	27

Anexo 1 – Características técnicas y requisitos de protección de los servicios de radiocomunicaciones para su utilización en estudios relativos a los efectos de la TIP-VE .....	30
A1.1 Servicios marítimos .....	30
A1.2 Servicio de aficionados .....	31
A1.3 Servicio de frecuencias patrón y señales horarias .....	31
A1.4 Servicio de radiodifusión sonora .....	36
A1.5 Servicio de meteorología .....	37
Anexo 2 – Ejemplos de niveles de emisión de TIP-VE .....	38
A2.1 TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz .....	38
A2.2 TIP-VE a 79-90 kHz .....	39
Anexo 3 – Límites de emisión propuestos para la TIP-VE por diversas organizaciones de normalización .....	42
A3.1 Anteproyecto de límites del CISPR .....	42
Anexo 4 – Estudios de los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias .....	44
A4.1 Estudio de los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias a 60 kHz .....	44
A4.2 Estudio de los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias a 77,5 kHz .....	56
Anexo 5 – Estudios sobre los efectos de la TIP-VE en China .....	64
A5.1 El estudio sobre los efectos de la TIP-VE en la radiodifusión en ondas hectométricas .....	64
A5.2 Estudios de los efectos de la TIP-VE sobre el sistema Loran en China .....	85
A5.3 Referencias .....	94
Anexo 6 – Estudios sobre los efectos en Corea de la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz .....	95
A6.1 Estudios sobre los efectos a los servicios FPSH causados por la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz .....	95
A6.2 Estudios sobre el efecto causado a los servicios de radiodifusión sonora con MA por la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz .....	96

	<i>Página</i>
Anexo 7 – Estudios en Japón de los efectos para la TIP-VE a 79-90 kHz .....	98
A7.1 Introducción .....	98
A7.2 Límites de emisión de la TIP para VE .....	98
A7.3 Normalización de la TIP-VE .....	99
A7.4 Estudios sobre la TIP utilizando 79-90 kHz .....	100
Anexo 8 – Análisis de los efectos de los sistemas TIP sobre los servicios de radiodifusión ..	112
A8.1 Antecedentes .....	112
A8.2 Factores que influyen en la interferencia .....	112
A8.3 Comentario y aplicación sobre los sistemas TIP y los receptores de radiodifusión .....	113
A8.4 Límites tolerables de la intensidad de campo .....	114
Adjunto 1 al Anexo 8 – Información sobre transmisores de radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas susceptibles de verse afectados por la TIP-VE.....	121
A8-A1.1 Introducción .....	121
A8-A1.2 Fuentes disponibles de información .....	121
Suplemento 1 al Adjunto 1 al Anexo 8 .....	122
Suplemento 2 al Adjunto 1 al Anexo 8 – Información sobre los parámetros técnicos de los transmisores de radiodifusión (Ofcom, Reino Unido).....	125
Adjunto 2 al Anexo 8 – Informe de la radiodifusión en ondas hectométricas en partes de la Región 2.....	126
A8-A2.1 Descripción general .....	126
A8-A2.2 Introducción .....	126
A8-A2.3 Estudio de mercado.....	127
Adjunto 3 al Anexo 8 – Factores que afectan a los efectos negativos de la interferencia .....	130
Adjunto 4 al Anexo 8 – Desviación del máximo nivel de interferencia tolerable en el receptor MA.....	132
Adjunto 5 al Anexo 8 – Distancia de separación prevista entre el cargador TIP-VE y el receptor MA doméstico– Estudio fotográfico .....	137
Adjunto 6 al Anexo 8 – Rendimiento del receptor de radiodifusión sonora en ondas hectométricas en presencia de interferencia causada por TIP-VE .....	139
Adjunto 7 al Anexo 8 – Nuevos estudios utilizando un receptor disponible en el mercado ...	148

Anexo 9 – Análisis de la UER para conciliar los resultados del estudio de los efectos descritos en el Anexo 5 con los límites de emisiones radiadas por la TIP-VE para la protección de la radiodifusión en MA definidos en el § 4.4.....	157
A9.1 Resumen .....	157
A9.2 Definiciones .....	158
A9.3 Antecedentes.....	160
A9.4 Referencias .....	165
Anexo 10 – Estudio de los efectos de la TIP-VE que funciona en la gama 79-90 kHz sobre los sistemas de radiocomunicaciones en el servicio de aficionados.....	165
A10.1 Introducción.....	165
A10.2 Antecedentes.....	165
A10.3 Ubicación de las instalaciones de TIP-VE.....	168
A10.4 Niveles de emisión en el dominio no esencial.....	168
A10.5 Nivel de protección adecuado.....	171
A10.6 Medición de los sistemas existentes .....	171
A10.7 Resumen .....	172
Anexo 11 – Análisis de los efectos de los sistemas TIP-VE a los audífonos de bucle magnético.....	173
A11.1 Parámetros operativos.....	173
A11.2 Límites de interferencia .....	173
A11.3 Transmisores de bucle magnético.....	173
A11.4 Receptores de bobina magnética .....	174

**Acrónimos y abreviaturas**

AM	Amplitud modulada
ATS	Sistemas de detención automática de trenes ( <i>automatic train stop systems</i> )
BBC	British Broadcasting Corporation
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional
CEPT	Conferencia europea de administraciones de correos y telecomunicaciones ( <i>conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications</i> )
CISPR	Comité Internacional Especial de interferencia radioeléctrica ( <i>comité international spécial des perturbations radioélectriques</i> )
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
ERC	Comité Europeo de Radiocomunicaciones ( <i>european radiocommunications committee</i> )
FPSH	Frecuencias patrón y señales horarias
ITRS	Sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias ( <i>inductive train radio system</i> )
LF	Ondas kilométricas ( <i>low frequency</i> )
LORAN	Navegación de larga distancia ( <i>long-range navigation</i> )
MF	Ondas hectométricas ( <i>medium frequency</i> )
PHEV	Vehículo eléctrico híbrido enchufable ( <i>plug-in hybrid electric vehicle</i> )
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones
SAE	Sociedad de Ingenieros de Automoción ( <i>society of automotive engineers</i> )
SDO	Organización de normalización ( <i>standards development organization</i> )
SRD	Dispositivos de corto alcance ( <i>short range device</i> )
TC	Comité Técnico ( <i>technical committee</i> )
TIP	Transmisión inalámbrica de potencia
TIP-CM	Transmisión inalámbrica de potencia por campo electromagnético
TIP-VE	Transmisión inalámbrica de potencia para vehículos eléctricos
UER	Unión Europea de Radiodifusión
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones de la UIT
VE	Vehículo eléctrico

**Recomendaciones e Informes de la UIT conexos**

Recomendación UIT-R SM.1056

Recomendación UIT-R SM.1896

Recomendación UIT-R SM.2129-0

Informe UIT-R SM.2153

Informe UIT-R SM.2303

## 1 Introducción

Existen diversas aplicaciones de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) objeto de uso, experimentación o implementación a escala mundial. Las aplicaciones de TIP para la carga de vehículos eléctricos (TIP-VE) emplean una serie de frecuencias, que también utilizan otros sistemas o servicios de radiocomunicaciones. En ese sentido, los efectos de las aplicaciones de TIP-VE en los servicios de radiocomunicaciones existentes son poco conocidos. A fin de examinar los posibles efectos de la TIP-VE sobre los servicios de radiocomunicaciones que funcionan en la misma frecuencia o en frecuencias adyacentes, la CMR-15 acordó que el UIT-R estudiara esta cuestión en virtud de los apartados *a) y b) del Anexo 1* a su Resolución **958 (CMR-15)**, en el marco de los estudios urgentes necesarios para la preparación de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 (CMR-19). A tal efecto, se incluyó el tema 9.1.6 en el punto 9.1 del orden del día de la CMR-19.

En la Resolución **958 (CMR-15)** también se solicita el estudio de gamas de frecuencias armonizadas que permitan reducir al mínimo los efectos de la TIP-VE sobre los servicios de radiocomunicaciones. Al considerar las posibles bandas de frecuencias candidatas, es necesario estudiar las repercusiones en los servicios que disponen de atribuciones en esas bandas de frecuencias y en las bandas adyacentes, habida cuenta de la utilización actual y prevista de las mismas por los servicios existentes, así como de su necesaria protección contra las emisiones de TIP-VE.

En el presente Informe se evalúan los efectos de la TIP-VE sobre los servicios de radiocomunicaciones que funcionan en la misma frecuencia o en frecuencias adyacentes, a fin de proporcionar la protección necesaria a los servicios de radiocomunicaciones. Además, se procura facilitar orientaciones a las administraciones que deseen permitir la implementación de las tecnologías de TIP-VE en las gamas propuestas, con objeto de reducir al mínimo los posibles efectos de la TIP-VE sobre los servicios de radiocomunicaciones.

## 2 Características técnicas y requisitos de protección de los servicios de radiocomunicaciones

Numerosos servicios de radiocomunicaciones podrían verse afectados por el funcionamiento de la TIP-VE, ya sea en la misma frecuencia, en frecuencias adyacentes o en frecuencias con mayores distancias de separación. En el Cuadro 1 se facilita información sobre las características técnicas y los requisitos de protección de los servicios de radiocomunicaciones utilizados en los estudios sobre los efectos.

CUADRO 1

### Características técnicas y requisitos de protección del servicio/sistema de radiocomunicaciones para su uso en estudios sobre los efectos

Gama de frecuencias	Servicio/Sistema	Aplicación	Características y requisitos de protección (referencia)
50 Hz – 10 kHz	Sistemas de bucle magnético	Audífonos	Anexo 11
5-200 kHz	Ayudas a la meteorología	Sistemas de detección de rayos	
10-250 kHz 425-524 kHz	Sistemas de detención automática de trenes (ATS)	Aplicaciones de seguridad ferroviaria	Anexo 7
14-19,5 kHz	FIJO MOVIL MARITIMO		



CUADRO 1 (fin)

Gama de frecuencias	Servicio/Sistema	Aplicación	Características y requisitos de protección (referencia)
19,95-21 kHz (20 kHz)	Servicio de frecuencias patrón y señales horarias		Anexo 1
20,5-70 kHz	FIJO MOVIL MARITIMO		
39-41 kHz (40 kHz)	Servicio de frecuencias patrón y señales horarias	Señal horaria a 40 kHz utilizada en Japón	Anexo 1
59-61 kHz (60 kHz)	Servicio de frecuencias patrón y señales horarias	Señal horaria a 60 kHz utilizada en Japón, Reino Unido y los Estados Unidos de América	Anexo 1
68,25-68,75 kHz (77,5 kHz)	Servicio de frecuencias patrón y señales horarias	Señal horaria a 77,5 kHz utilizada en Alemania	Anexo 1
90-110 kHz	RADIONAVEGACIÓN Radiocomunicaciones marítimas	Loran-C	
99,75-102,5 kHz (100 kHz)	Servicio de frecuencias patrón y señales horarias		Anexo 1
128,6-129,6 kHz	Fijo	Control de ondulación de radio	
130-535 kHz	Aeronáutico	Balizas no direccionales	
135,7-137,8 kHz	Aficionados		Anexo 10
157,5-166,5 kHz	Servicio de frecuencias patrón y señales horarias		Anexo 1
148,5-283,5 kHz	Radiodifusión	Radiodifusión sonora AM en ondas kilométricas	Anexos 1 y 8
255-405 kHz	AERONAUTICO RADIONAVEGACIÓN		
424, 490, 518 kHz y 495-505 kHz	Marítimo		
472-479 kHz	Aficionados		Anexo 10
525-1 705 kHz	Radiodifusión	Radiodifusión sonora AM en ondas hectométricas	Anexos 1 y 8
1 800-2 000 kHz	Aficionados		Anexo 10
< 30 MHz	Servicios que han expresado inquietud por los niveles de emisiones no deseadas, en particular, los servicios aeronáuticos, marítimos, de radiodifusión y de aficionados		Anexo 1

### 3 Características de sistema de las aplicaciones de TIP-VE

#### 3.1 Características radioeléctricas de la TIP-VE

Las características radioeléctricas de la TIP-VE se resumen en el Cuadro 2, de acuerdo con la información disponible en el seno del UIT-R, y en el Cuadro 3 se reseñan los parámetros generales de la TIP-VE, que se han utilizado en diversos estudios sobre sus efectos. En el Anexo 2 se facilita información detallada sobre los niveles de emisión, incluidas las emisiones no deseadas. En el Anexo 3 se abordan los proyectos de límites que están proponiendo diversas organizaciones de normalización (SDO).

Los límites objeto de examen en el CISPR/B se han utilizado en algunos estudios sobre los efectos y se han incluido en los Cuadros A3-1 y A3-2 del Anexo 3. El Subcomité B del CISPR está trabajando con miras a la introducción de límites de emisión y métodos de medición para cargadores TIP-VE en la próxima edición (Edición 7) de la norma CISPR 11.

Además, en el Cuadro A7-2.1 del Anexo 7 se enumeran diversos límites de emisión para aplicaciones de TIP-VE en Japón, derivados de los resultados del estudio nacional de Japón sobre los efectos.

CUADRO 2

#### Características radioeléctricas de los ejemplos de niveles de emisión de TIP-VE de los estudios sobre sus efectos

Banda de frecuencias (kHz)	Frecuencia central (kHz)	Máscara de emisión	Estabilidad de la frecuencia (Hz)	Nivel de potencia (kW)	Nivel de emisión de la fundamental a 10 m (dB $\mu$ A/m)	Nivel de emisión del tercer armónico a 10 m (dB $\mu$ A/m)	Niveles de emisiones no deseadas	Utilización
19-21/ 55-57 <sup>1</sup> 63-65	19-21 (Nota 1)	Anexo 3	Nota 1	22-120	Anexo 2	Anexo 2	Anexo 2	Vehículos pesados
79-90	79-90 (Nota 1)	Anexo 3	Nota 1	1-22	Anexo 2	Anexo 2	Anexo 2	Vehículos ligeros

NOTA 1 – Pendiente de normalización. Depende del diseño del producto. Para conocer los requisitos de las frecuencias, sírvase consultar a las SDO competentes.

CUADRO 3

#### Parámetros generales de la TIP-VE característica

Parámetro/entrada	TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz	TIP-VE a 79-90 kHz
Ámbito de aplicación	Vehículos eléctricos pesados (autobuses, camiones, etc.)	Vehículos eléctricos ligeros para pasajeros
Niveles de potencia	22-120 kW	1-22 kW
Nivel de potencia característico	100 kW para sistemas de autobuses	11 kW para vehículos de pasajeros

<sup>1</sup> Esta gama de frecuencias es el tercer armónico de la frecuencia fundamental en la gama de frecuencias 19-21 kHz. Tanto la frecuencia fundamental como el tercer armónico se utilizan conjuntamente para mejorar la eficiencia en términos de transferencia de potencia de algunos sistemas inductivos.

CUADRO 3 (fin)

Parámetro/entrada	TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz	TIP-VE a 79-90 kHz
Utilización de las frecuencias dentro de la banda de frecuencias de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>– búsqueda de sintonía variable y elección de la frecuencia de funcionamiento para una eficacia óptima</li> <li>– frecuencias de funcionamiento discretas específicas</li> <li>– frecuencias de funcionamiento fijas</li> </ul>	
Fuentes de radiación de emisiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>– electrónica de potencia que genera energía de transmisión</li> <li>– cables que acoplan la energía a la estación de carga</li> <li>– elementos magnéticos (antenas de ferrita) de la plataforma de carga</li> </ul>	
Mecanismo de acoplamiento	Resonante inductivo	
Situación de acoplamiento (separación entre el vehículo y la plataforma de carga)	Campo cercano 0,2 .. 0,35	Campo cercano 0,08 .. 0,3 metros
Eficiencia del sistema de acoplamiento	80% .. 85%	80% .. 95%
Casos de uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>– En una cochera de autobuses</li> <li>– En una terminal de autobuses</li> </ul>	Aparcamiento privado <ul style="list-style-type: none"> <li>– En casa</li> <li>– En la oficina</li> </ul> En lugares públicos <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aparcamientos al aire libre</li> <li>– Aparcamientos al aire libre en la vía pública</li> <li>– Aparcamientos de varios pisos</li> <li>– Aparcamientos subterráneos</li> </ul>
Dirección de carga	Unidireccional/bidireccional	
Densidad prevista de plataformas de carga de TIP-VE	1 unidad/100 m <sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>– En una cochera de autobuses</li> <li>– En una terminal de autobuses</li> </ul>	5 unidades/100 m <sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>– En un garaje: la misma densidad en todos los niveles</li> </ul>

### 3.2 Hipótesis de uso de la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz

La principal hipótesis de uso prevista respecto de la TIP-VE para vehículos pesados en las gamas de frecuencias 19-21 kHz y 55-65 kHz se refiere a los sistemas de autobuses. Las hipótesis de uso se exponen en el Cuadro 4.

CUADRO 4

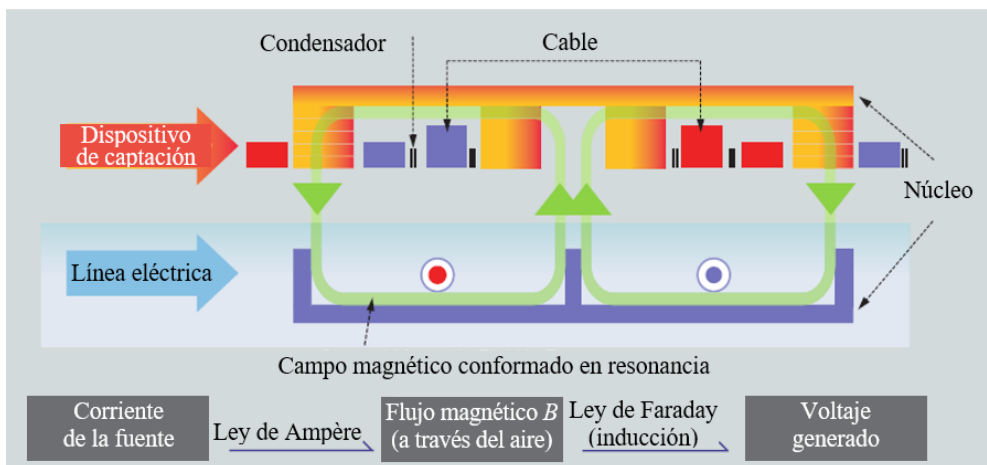
## Hipótesis de uso de la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz para sistemas de autobuses

Hipótesis	Tiempo de carga por vehículo	Número de autobuses por ruta	Número de vehículos que pueden cargarse a la vez	Potencia de carga	Eficiencia
TIP-VE en depósito para vehículos pesados (por ejemplo, en terminales, depósitos o cocheras de autobuses)	15-20 minutos	6 autobuses por ruta, 45 minutos entre las terminales de TIP-VE, 90 minutos ida y vuelta	4 (1-2 normalmente)	100 kW	85%
TIP-VE en la vía pública para vehículos pesados (por ejemplo, en paradas de autobús)	No se prevé actualmente				
Carga dinámica (con los vehículos en movimiento)	No se considera factible y no existen casos de uso				

La configuración básica de la TIP-VE característica se ilustra en la Fig. 1. Para cargar los vehículos, el sistema de alimentación (dispositivo primario) puede instalarse bajo del suelo, o sobre el mismo, y transfiere magnéticamente la energía a los vehículos alimentados por baterías que se hallan encima. El autobús puede cargarse en la cochera sin necesidad de detenerse.

FIGURA 1

## Estructura de un sistema de TIP-VE característico



La TIP entre una fuente de alimentación de CA y un VE se basa en el principio de transferencia de energía a través de campos magnéticos. A tal efecto, se utiliza un sistema de alimentación (véase el dispositivo primario del TC69 de la CEI) y un dispositivo de captación (véase el dispositivo secundario del TC69 de la CEI). Un sistema de TIP-VE de este tipo puede constar de una o más bobinas. Los dos dispositivos están acoplados por inducción magnética resonante.

FIGURA 2  
Casos característicos de carga de TIP-VE

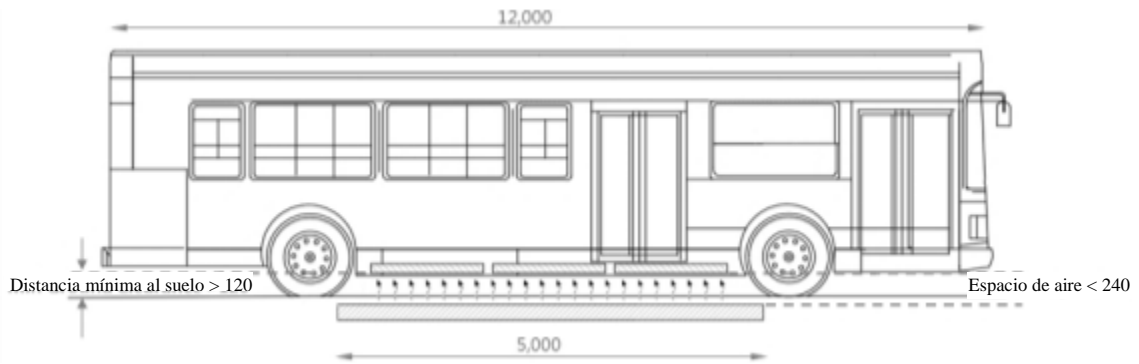


FIGURA 3  
Sistema de alimentación (dispositivo primario)

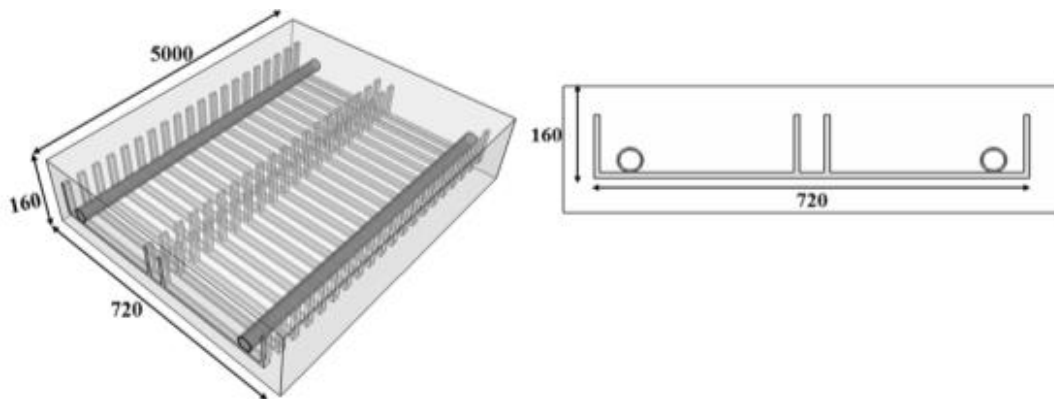
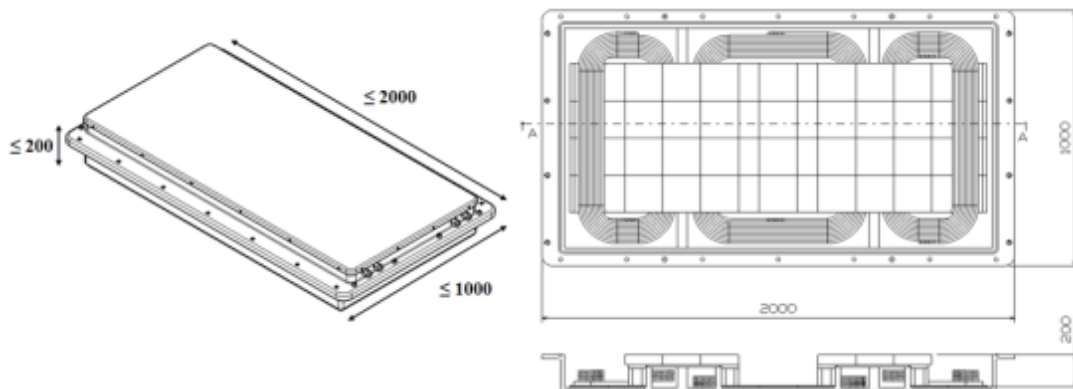


FIGURA 4  
Dispositivo de captación característico (dispositivo secundario)



### 3.3 Hipótesis de uso de la TIP-VE a 79-90 kHz

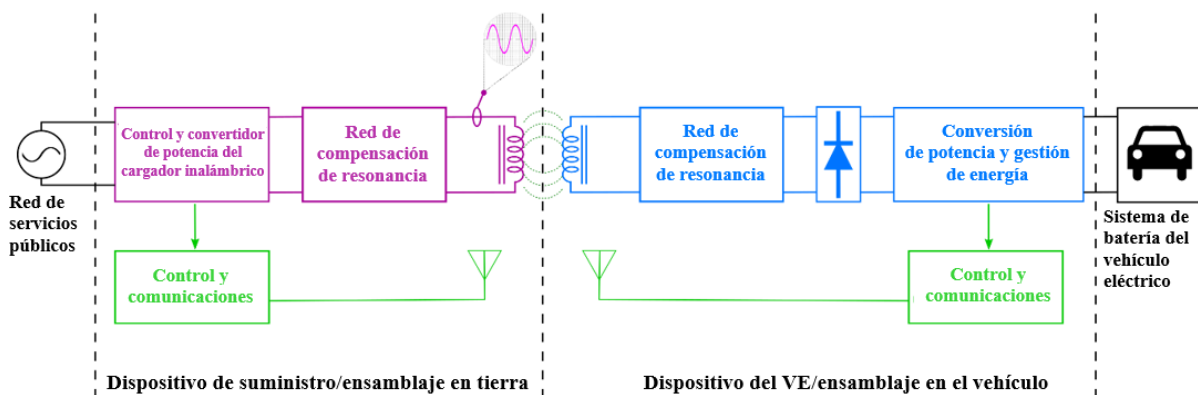
#### 3.3.1 Breve descripción de los sistemas TIP objeto de normalización por las SDO

Se han emprendido trabajos relacionados con los sistemas TIP-VE en todo el mundo, en favor de las iniciativas mundiales de promoción de los vehículos eléctricos. Se considera que los sistemas TIP-VE constituyen una parte fundamental de la infraestructura de carga de los vehículos eléctricos. Tres SDO de renombre han elaborado publicaciones relativas a las TIP-VE, a saber la CEI/TC69/WG7, la ISO/TC22/SC37/JPT19363 y el SAE J2954. A través de la coordinación, estas tres SDO están armonizando los requisitos aplicables a dichos sistemas, con objeto de facilitar la interoperabilidad mundial.

Los sistemas TIP-VE están diseñados para efectuar transferencias inalámbricas de potencia de forma eficiente, desde un ensamblaje de bobina instalado sobre el suelo (dispositivo primario) hasta un ensamblaje de bobina instalado bajo el vehículo eléctrico (dispositivo secundario). La transferencia inalámbrica tiene lugar a través de un campo magnético, gracias a las propiedades magnéticas del campo cercano y la resonancia. La Fig. 5 ilustra un diagrama de bloques de dicho sistema.

FIGURA 5

Diagrama de bloques típico de un sistema TIP-VE de una SDO



En términos generales, los sistemas TIP-VE comprenden dos subsistemas principales: el dispositivo de suministro (CEI/ISO)/ensamblaje en tierra (SAE) y el dispositivo del VE (CEI/ISO)/ensamblaje en el vehículo (SAE J2954). El dispositivo de suministro genera un campo magnético a la frecuencia de funcionamiento deseada, mientras que el dispositivo del VE convierte eficientemente el campo magnético en una potencia de CC que el VE puede utilizar.

A partir de una investigación y una revisión exhaustivas, la CEI, la ISO y la SAE han determinado que la frecuencia operativa fundamental de los sistemas TIP-VE para aplicaciones de vehículos ligeros debe hallarse en la gama 79-90 kHz. Si bien se proporciona una banda de frecuencias, en general se espera que los distintos sistemas funcionen nominalmente a una frecuencia fija dentro de esa gama y no ajusten su frecuencia durante la transferencia de potencia. Cabe prever que estos sistemas funcionen con un nivel de eficiencia superior al 80% en todos los casos, si bien las mediciones realizadas han revelado que dicho porcentaje suele ser del ~90% de la entrada de CA a la salida de CC. La potencia se transfiere únicamente en la frecuencia fundamental.

Durante su funcionamiento, el voltaje generado por el convertidor de potencia estimula la red de compensación, que funciona mediante resonancia con la bobina del dispositivo primario. A continuación, la corriente sinusoidal resultante en la bobina del dispositivo primario induce un campo magnético proporcional. La energía entre el dispositivo primario y el dispositivo secundario se acopla a través de este campo magnético. Ambas bobinas pueden describirse usando un modelo de estructura

de transformador con un bajo nivel de acoplamiento. Habida cuenta de que la corriente generada en la bobina del dispositivo primario es sinusoidal, resultante y no modulada durante la transferencia de energía, el campo producido es una onda continua.

En junio de 2019, las SDO competentes empezaron a normalizar los sistemas TIP-VE para clases de potencia de hasta 11,1 kW. Cabe prever que todos los vehículos ligeros utilicen la gama de frecuencias 79-90 kHz.

El SAE J2954 ha estudiado diversos sistemas interoperables y ha publicado un subconjunto de datos en un documento técnico, que presentó en el Congreso Mundial de la SAE en abril de 2019, titulado «Validation of Wireless Power Transfer up to 11 kW Based on SAE J2954 with Bench and Vehicle Testing» (<https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2019-01-0868/>). A ese respecto, se están realizando pruebas adicionales.

### 3.3.2 Estimación del crecimiento del número de sistemas TIP-VE

En Alemania, en el marco del proyecto STILLE, se ha calculado una proporción de dispositivos de carga de TIP-VE de 17,1 unidades/km<sup>2</sup> en el caso real estimado de las zonas urbanas y de 0,7 unidades/km<sup>2</sup> en las zonas rurales.

Los valores del proyecto STILLE abarcan hasta el año 2025. La extrapolación de estos valores hasta 2030 resulta en 64,2 unidades/km<sup>2</sup> en el caso real de las zonas urbanas y en 2,5 unidades/km<sup>2</sup> en las zonas rurales.

En el proyecto STILLE se ha definido un tiempo de carga realista de una hora por día y estación de carga de TIP-VE. Cabe señalar que este valor se mantiene estable a lo largo del tiempo, puesto que el número previsto de coches aumenta cada año. Por otro lado, el perfil de conducción se mantiene y el número de estaciones de carga de TIP-VE aumenta en la misma proporción.

Teniendo en cuenta todos los datos del proyecto STILLE, es posible extrapolar los datos dados y calcular la cantidad total de vehículos que incluirán un sistema TIP-VE opcional en el año 2030.

#### CUADRO 5

##### Extrapolación de la suma total de vehículos que incluirán un sistema TIP-VE opcional

Año	Número total de VE en Europa (millones)	Tasa de despliegue de la TIP-VE en todos los vehículos con tasa de adopción	Número de vehículos equipados con TIP-VE en Europa con tasa de adopción (millones)
Número de vehículos en 2020	4	0,71%	0,03
Aumento entre 2021 y 2025	24	1,72%	0,4
Aumento entre 2026 y 2030	43	2,83%	1,2
Número total de vehículos en 2030	71	2,33%	1,7

Fuente: «ECC report 289 page 103», extrapolado de «STILLE – Forecast of EU market development of inductive systems until 2025», octubre de 2018.

### 3.4 Factor de actividad estimado por plataforma de carga

En el Cuadro 6, el factor de actividad describe el tiempo de funcionamiento diario de una plataforma de carga.

CUADRO 6

**Factor de actividad estimado por plataforma de carga**

Tipo de carga	Ubicación	Niveles de potencia (kW)	Carga para carga unidireccional (horas)	Factor de actividad de carga unidireccional	Factor de actividad de carga bidireccional
<b>TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz</b>					
Carga de larga duración	Cochera de autobuses	22-120	0,25-6	10-80%	N/A
<b>TIP-VE a 79-90 kHz</b>					
Carga de larga duración	Hogar	3,7-11	0,25-6	1-25%	10-80%
Carga de larga duración	Trabajo	3,7-11	0,25-6	1-25%	5-40%
Carga oportunista	Aparcamiento público	11-22	2-12	10-50%	20-70%

#### **4 Resumen de los estudios relativos a los efectos de la TIP-VE sobre los servicios de radiocomunicaciones**

En esta sección se resumen los resultados de los estudios de los efectos de los sistemas TIP-VE que funcionan en las gamas de frecuencias 19-21 kHz, 55-65 kHz y 79-90 kHz. Los servicios y sistemas de radiocomunicaciones objeto de examen fueron el servicio de frecuencias patrón y señales horarias, el control de ondulación, los sistemas de alarma automática para la protección ferroviaria, las radiocomunicaciones marítimas (Loran-C), la radiodifusión sonora AM, las radiocomunicaciones de aficionados, el servicio aeronáutico, los sistemas de detección de rayos, el servicio móvil marítimo, el servicio GPS diferencial y las balizas no direccionales del servicio de radionavegación. Además, se examinan y resumen los límites que es preciso aplicar a las emisiones radiadas de TIP-VE para proteger la radiodifusión AM, así como la incidencia de las emisiones radiadas no esenciales y de armónicos en el servicio de aficionados y los requisitos de protección pertinentes.

##### **4.1 Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE en la gama de frecuencias 19-25 kHz**

En los estudios presentados en los anexos pertinentes, las mediciones se realizaron con una distancia de 10 m entre la antena de bucle y el cargador; los entornos de medición se detallan en el Informe UIT-R SM.2303. Se realizaron mediciones, pero los resultados no se compararon con los valores presentados por el servicio que requería protección; por tanto, no fue posible sacar conclusiones.

##### **4.1.1 Estudios relativos a los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias**

El Anexo 6 incluye un estudio sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias (SFPSH) a 20 kHz, para el que se realizaron mediciones de campo. Las frecuencias patrón y las señales horarias consideradas en el estudio son sistemas que funcionan a 20 kHz. Sin embargo, en este estudio no se identificaron operaciones de FPSH a 20 kHz. Se realizaron mediciones, pero los resultados no se compararon con los valores presentados por el servicio que requería protección; por tanto, no fue posible sacar conclusiones.



#### **4.1.2 Estudios relativos a los efectos sobre el control de la ondulación**

Entre los estudios presentados en el Anexo 7 figura un estudio relativo al control de la ondulación a 129,1 kHz y 139 kHz, basado en simulaciones y mediciones de campo. Se realizaron mediciones, pero los resultados no se compararon con los valores presentados por el servicio que requería protección; por tanto, no fue posible sacar conclusiones.

#### **4.1.3 Estudios relativos a los efectos sobre los sistemas de alarma automática para la protección ferroviaria**

En los estudios presentados en el Anexo 7, se concluye que es necesario prever una distancia de separación de 5 m para proteger los sistemas de detención automática de trenes (ATS).

#### **4.1.4 Estudios relativos a los efectos sobre las radiocomunicaciones marítimas**

En los estudios presentados en el Anexo 5, solo se examinaron sistemas Loran-C. En estos estudios, las emisiones y la intensidad de campo a 19-21 kHz, incluidos los armónicos de las aplicaciones de carga de TIP-VE, se basan en los límites propuestos por CISPR. Los criterios de protección de los sistemas Loran-C se describen en las Recomendaciones UIT-R M.589-3 y UIT-R P.372-13. Según el estudio de los efectos, no hay riesgo de que la actividad de carga de TIP-VE cause interferencia a los receptores Loran en el mar con cobertura marítima.

#### **4.1.5 Estudios relativos a los efectos sobre la radiodifusión sonora AM**

La gama de frecuencias 19-21 kHz no se superpone con ninguna banda de radiodifusión y, por consiguiente, solo las emisiones de armónicos de dichos sistemas tendrían alguna repercusión. También cabe la posibilidad de que se utilicen armónicos en el proceso de transmisión de potencia. Los armónicos situados entre el 8° (21 kHz) y el 14° (19 kHz) quedarían incluidos en la banda de radiodifusión en ondas kilométricas (148,5-283,5 kHz), mientras que los armónicos situados entre el 21° (21 kHz) y el 89° (19 kHz) quedarían incluidos en la banda de radiodifusión en ondas hectométricas (525-1 705 kHz). En el § 4.4 y en el Anexo 8 se presentan estudios detallados, que describen una serie de análisis basados en ciertos criterios de protección para la recepción de radiodifusión AM y en posibles distancias de separación entre los cargadores de TIP-VE y los receptores radioeléctricos. En el caso de los cargadores de TIP-VE utilizados específicamente para vehículos eléctricos pesados (por ejemplo, autobuses, tranvías, camiones), es probable que dichos cargadores se hallen a una distancia de separación mínima de 10 m de los receptores de radiodifusión AM. Los estudios también concluyen que será necesario aplicar técnicas de atenuación para proteger la radiodifusión AM en los casos en que sea necesario reducir las emisiones no deseadas y/o la TIP-VE tenga que funcionar con mayor estabilidad y pureza en determinadas frecuencias, de modo que los armónicos en cuestión se correspondan con frecuencias que reduzcan los efectos sobre la recepción de radiodifusión AM, teniendo en cuenta las listas de canales AM. Para obtener más información sobre los requisitos de protección de la radiodifusión sonora AM, véase el § 4.4.

#### **4.1.6 Estudios relativos a los efectos sobre las radiocomunicaciones de aficionados**

En los estudios presentados en el Anexo 6, se realizaron mediciones de campo en las bandas de radiocomunicaciones de aficionados 135,7-137,8 kHz y 472-479 kHz. Resulta poco probable que estas bandas de frecuencias se vean afectadas por las emisiones en la frecuencia de funcionamiento de la TIP-VE.

Se dispone de información limitada sobre las emisiones radiadas de armónicos de los sistemas TIP-VE que funcionan a esta frecuencia. El tema de la interferencia perjudicial de las emisiones radiadas de armónicos se aborda en el § 4.5.

#### **4.1.7 Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE sobre el servicio aeronáutico**

En los estudios presentados en el Anexo 6, se realizaron mediciones de campo en el terreno en las bandas del servicio aeronáutico 190-535 kHz (Recomendación UIT-R SM.1535) y 2 800-22 000 kHz (Recomendación UIT-R M.1458). Se realizaron mediciones, pero los resultados no se compararon con los valores presentados por el servicio que requería protección; por tanto, no fue posible sacar conclusiones.

#### **4.1.8 Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE sobre los sistemas de detección de rayos**

En los estudios presentados en el Anexo 6, se realizaron mediciones de campo relacionadas con sistemas de detección de rayos operativos a 5-200 kHz. Se realizaron mediciones, pero los resultados no se compararon con los valores presentados por el servicio que requería protección; por tanto, no fue posible sacar conclusiones.

#### **4.1.9 Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE sobre el servicio móvil marítimo**

Los efectos de la TIP-VE sobre el servicio móvil marítimo deben ser objeto de estudio.

### **4.2 Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE en la gama de frecuencias 55-65 kHz**

#### **4.2.1 Estudios relativos a los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias**

En el estudio presentado en el Anexo 4 se constata que todo sistema TIP-VE operativo en la gama de frecuencias 55-65 kHz, de conformidad con los límites propuestos por el CISPR (véase el Anexo 3), causará interferencias perjudiciales a los sistemas del SFPSH que funcionan a 60 kHz. Todas las hipótesis estudiadas muestran un amplio margen negativo de entre -120 dB y -47 dB. Al considerar las mediciones de un sistema TIP-VE a 34,18 dB $\mu$ A/m a 10 m (véase el Anexo 2), el análisis de referencia muestra que la hipótesis de uso de dicho sistema en la vía pública, con distancias de separación de entre 10 y 20 metros, comprende interferencias perjudiciales en todos los casos estudiados. En la hipótesis de uso de un sistema TIP-VE en un depósito, la coexistencia puede ser factible con separaciones de frecuencias superiores a 4 kHz (por ejemplo, fuera de la gama 56-64 kHz) siempre que la distancia de separación sea superior a 50 m. Se observa que las mediciones están basadas en un sistema TIP-VE particular, que puede no ser representativo de todos los tipos de equipos.

Diversas estaciones del servicio de frecuencias patrón y señales horarias de 60 kHz están operativas en Japón, los Estados Unidos de América y Reino Unido, con millones de usuarios.

En el estudio presentado en el Anexo 6, se considera que la interferencia a este servicio de 60 kHz podría reducirse si la frecuencia fundamental se desplazase a 21 kHz, lo que a su vez desplazaría el tercer armónico a 63 kHz. Además, se considera suficiente que el sistema TIP-VE no funcione a  $\pm 1,5$  kHz (58,5 kHz a 61,5 kHz) de la frecuencia servicio de frecuencias patrón y señales horarias de 60 kHz. Sin embargo, estas consideraciones no se basan en cálculos para determinar la compatibilidad entre los dos sistemas (análisis de coexistencia).

#### **4.2.2 Estudios relativos a los efectos sobre el control de la ondulación**

El estudio presentado en el Anexo 6 sobre el control de la ondulación a 129,1 kHz y 139 kHz se llevó a cabo mediante simulaciones y mediciones de campo. Se realizaron mediciones, pero los resultados no se compararon con los valores presentados por el servicio que requería protección; por tanto, no fue posible sacar conclusiones.

#### **4.2.3 Estudios relativos a los efectos sobre los sistemas de alarma automática para la protección ferroviaria**

En los estudios presentados en el Anexo 6, se concluye que es necesario prever una distancia de separación de 5 m para proteger estos sistemas.

#### **4.2.4 Estudios relativos a los efectos sobre las radiocomunicaciones marítimas, incluidos los sistemas de navegación**

En los estudios presentados en el Anexo 5, solo se examinan sistemas Loran-C. En estos estudios, las emisiones y la intensidad de campo a 55-65 kHz, incluidos los armónicos de las aplicaciones de carga de TIP-VE, se basan en los límites propuestos por CISPR. Los criterios de protección de los sistemas Loran-C se describen en las Recomendaciones UIT-R M.589-3 y UIT-R P.372-13. Según el estudio relativo a los efectos, no hay riesgo de que la actividad de carga de TIP-VE cause interferencia a los receptores Loran en el mar con cobertura marítima.

#### **4.2.5 Estudios relativos a los efectos sobre la radiodifusión sonora AM**

La gama de frecuencias 55-65 kHz no se superpone con ninguna banda de radiodifusión y, por consiguiente, solo las emisiones de armónicos de dichos sistemas tendrían alguna repercusión. También cabe la posibilidad de que se utilicen armónicos en el proceso de transmisión de potencia. Los armónicos situados entre el 3° (55 kHz) y el 5° (55 kHz) quedarían incluidos en la banda de radiodifusión en ondas kilométricas (148,5-283,5 kHz), mientras que los armónicos situados entre el 9° (65 kHz) y el 31° (55 kHz) quedarían incluidos en la banda de radiodifusión en ondas hectométricas (525-1 705 kHz). En el § 4.4 y en el Anexo 8 se presentan estudios detallados, que describen una serie de análisis basados en ciertos criterios de protección para la recepción de radiodifusión AM y en posibles distancias de separación entre los cargadores de TIP-VE y los receptores radioeléctricos. En el caso de los cargadores de TIP-VE utilizados específicamente para vehículos eléctricos pesados (por ejemplo, autobuses, tranvías, camiones), es probable que dichos cargadores se hallen a una distancia de separación mínima de 10 m de los receptores de radiodifusión AM. Los estudios también concluyen que será necesario aplicar técnicas de atenuación para proteger la radiodifusión AM en los casos en que sea necesario reducir las emisiones no deseadas y/o la TIP-VE tenga que funcionar con mayor estabilidad y pureza en determinadas frecuencias, de modo que los armónicos en cuestión se correspondan con frecuencias que reduzcan los efectos sobre la recepción de radiodifusión AM, teniendo en cuenta las listas de canales AM. Para obtener más información sobre los requisitos de protección de la radiodifusión sonora AM, véase el § 4.4.

#### **4.2.6 Estudios relativos a los efectos sobre las radiocomunicaciones de aficionados**

En los estudios presentados en el Anexo 6, se realizaron mediciones de campo en las bandas de radiocomunicaciones de aficionados 135,7-137,8 kHz y 472-479 kHz.

Se dispone de información limitada sobre las emisiones radiadas de armónicos de los sistemas TIP-VE que funcionan a esta frecuencia. El tema de la interferencia perjudicial de las emisiones radiadas de armónicos se aborda en el § 4.5.

### **4.3 Estudios relativos a los efectos de la TIP-VE en la gama de frecuencias 79-90 kHz**

#### **4.3.1 Estudios relativos a los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias**

##### **4.3.1.1 Estudios relativos a los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias a 40 y 60 kHz**

Se finalizó el estudio relativo a los efectos de la TIP-VE sobre el SFPSH a 40 y 60 kHz, que se menciona en el Anexo 7.

Se convino en una distancia de separación de 10 m, valor que se utilizó para evaluar los efectos sobre esos dispositivos. Además, en la evaluación se tomó en consideración la gama horaria de funcionamiento del dispositivo para recibir el SFPSH que no se solapa con el funcionamiento de la TIP, la diversidad de la dirección de propagación de las ondas de dicho servicio y la expectativa de que en el futuro se mejore el rendimiento del receptor de esos dispositivos. En consecuencia, se ha confirmado que el efecto de los sistemas TIP sobre los relojes radiocontrolados es lo suficientemente reducido como para no causar interferencia perjudicial.

##### **4.3.1.2 Estudios relativos a los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias a 77,5 kHz**

Los estudios presentados sobre la estación DCF 77 (Anexo 4), basados en una intensidad de campo de TIP de 68,5 dB $\mu$ A/m a 10 m, muestran que el máximo bloqueo del 50% de los receptores radiocontrolados del reloj patrón que utilizan la frecuencia 77,5 kHz (DCF77) solo se produciría dentro de una distancia de 18 m respecto de la instalación de carga de TIP-VE. Para tener en cuenta el posible incremento de la intensidad de campo hasta un máximo de 82 dB $\mu$ A/m a 10 m, esta distancia tendría que ampliarse a 31 m. Los efectos pueden reducirse limitando la potencia de transmisión de la instalación de carga de TIP-VE, seleccionando meticulosamente la frecuencia central dentro de la banda 79-90 kHz y quizá aplicando otras técnicas de atenuación (por ejemplo, la interrupción periódica del proceso de carga).

#### **4.3.2 Efectos sobre sistemas de radiocomunicaciones ferroviarias específicos**

En los estudios presentados en el Anexo 7 se examinó y analizó la interferencia perjudicial a los sistemas de comunicaciones ferroviarias en condiciones reales mediante simulaciones y mediciones. Concretamente, se estudió el sistema ATS, utilizado en todo el mundo, que funciona en la banda 10-250 kHz. Los resultados de los estudios muestran que se requiere una separación mínima de 5 m para no causar interferencia perjudicial.

#### **4.3.3 Estudios relativos a los efectos sobre las radiocomunicaciones marítimas, incluidos los sistemas de navegación**

##### **4.3.3.1 Sistemas Loran-C a 79-90 kHz**

En los estudios presentados en el Anexo 5 sobre la interferencia entre los sistemas Loran-C y los de TIP-VE, se tomaron como referencia los límites propuestos por CISPR para las emisiones y la intensidad de campo en la gama de frecuencias propuesta de 79-90 kHz, incluidos los armónicos de segundo orden de las aplicaciones de carga de TIP-VE. Los criterios de protección de los sistemas Loran-C se describen en las Recomendaciones UIT-R M.589-3 y UIT-R P.372-13.

Según el estudio de coexistencia, ante una o varias aplicaciones de TIP-VE, las emisiones de los sistemas de carga de TIP-VE no producirían interferencia a los receptores Loran con cobertura marítima. Los resultados del estudio indican que la coexistencia entre los sistemas TIP-VE y los sistemas Loran-C es viable, siempre y cuando se identifique la gama de frecuencias 79-90 kHz para la TIP-VE de potencia media.

#### **4.3.4 Estudios relativos a los efectos sobre la radiodifusión sonora AM**

La gama de frecuencias 79-90 kHz no se superpone con ninguna banda de radiodifusión y, por consiguiente, solo las emisiones de armónicos de dichos sistemas tendrían alguna repercusión. También cabe la posibilidad de que se utilicen armónicos en el proceso de transmisión de potencia. El 2º y el 3º armónico de cualquier frecuencia entre 79 kHz y 90 kHz quedarían incluidos en la banda de radiodifusión en ondas kilométricas (148,5-283,5 kHz), mientras que los armónicos situados entre el 6º (90 kHz) y el 21º (79 kHz) quedarían incluidos en la banda de radiodifusión en ondas hectométricas (525-1 705 kHz). En el § 4.4 y en el Anexo 8 se presentan estudios detallados, que describen una serie de análisis basados en ciertos criterios de protección para la recepción de radiodifusión AM y en posibles distancias de separación entre los cargadores de TIP-VE y los receptores radioeléctricos. En el caso de los cargadores de TIP-VE utilizados específicamente para vehículos eléctricos ligeros, los estudios concluyeron que es probable que las distancias de separación mínimas oscilen entre 1 y 3 metros. Los estudios también concluyen que sería necesario aplicar técnicas de atenuación para proteger la radiodifusión AM en los casos en que sea necesario reducir las emisiones no deseadas y/o el sistema TIP-VE tenga que funcionar con mayor estabilidad y pureza en determinadas frecuencias, de modo que los armónicos en cuestión se correspondan con frecuencias que reduzcan los efectos sobre la recepción de radiodifusión AM, teniendo en cuenta las listas de canales AM. Para obtener más información sobre los requisitos de protección de la radiodifusión sonora AM, véase el § 4.4.

Los Anexos 5 y 7 contienen estudios adicionales.

Uno de los estudios descritos en el Anexo 5, que incluye pruebas de interferencia sobre el terreno, un análisis teórico y simulaciones Monte Carlo, se realizó en zonas urbanas con niveles elevados tanto de señal de radiodifusión deseada como de ruido ambiental de fondo. Los resultados muestran que los receptores AM pueden tolerar niveles más elevados de emisiones de TIP-VE en esos entornos. En otros casos, como zonas suburbanas y rurales, las técnicas de atenuación de la interferencia exigirán mayores distancias de separación entre el equipo de TIP-VE y los receptores de radiodifusión AM. Para obtener más información sobre los requisitos de protección de la radiodifusión sonora AM, véase el § 4.4. Por su parte, el Anexo 9 contiene un análisis encaminado a conciliar los resultados de ciertos estudios con los límites requeridos en el § 4.4.

En otro de los estudios del Anexo 7 se analizan los efectos a partir del nivel de ruido ambiental, conforme a lo estipulado en la Recomendación UIT-R P.372-13. Al mantener las distancias de separación adecuadas entre el equipo de TIP-VE y el receptor de radiodifusión AM, se pudo constatar que el nivel de emisión radiada de TIP-VE era inferior al nivel de ruido ambiental; a continuación, se concluyó que la emisión radiada de TIP-VE no causaría interferencia perjudicial a los receptores de radiodifusión AM.

#### **4.3.5 Estudios relativos a los efectos sobre las radiocomunicaciones de aficionados**

En los estudios presentados en el Anexo 7 se realizaron mediciones de campo en las bandas de radiocomunicaciones de aficionados 135,7-137,8 kHz y 472-479 kHz. Resulta poco probable que estas bandas de frecuencias se vean afectadas por las emisiones en la frecuencia de funcionamiento de la TIP-VE.

Se dispone de información limitada sobre las emisiones radiadas de armónicos de los sistemas TIP-VE que funcionan a esta frecuencia. El tema de la interferencia perjudicial de las emisiones radiadas de armónicos se aborda en el § 4.5.

#### **4.3.6 Estudios relativos a los efectos sobre el servicio GPS diferencial**

Los efectos de la TIP-VE sobre la aplicación GPS diferencial del servicio de RADIONAVEGACIÓN requieren estudios adicionales.

#### 4.3.7 Estudios relativos a los efectos sobre las balizas no direccionales

Los efectos de la TIP-VE sobre las balizas no direccionales del servicio de RADIONAVEGACIÓN requieren estudios adicionales.

#### 4.4 Límites aplicables a la emisión radiada de los sistemas TIP-VE para la protección de la radiodifusión AM

Se han propuesto varios límites para los niveles máximos absolutos de intensidad de campo eléctrico y magnético de las aplicaciones inductivas que funcionan a corta distancia y a niveles de potencia implícitamente bajos (aunque no especificados). Existen propuestas encaminadas a adaptar o ampliar estos mismos límites a las aplicaciones de transmisión de potencia inductiva de media/alta potencia, como las de TIP-VE, que funcionarán a potencias del orden de decenas a cientos de kW. Sin embargo, de los estudios se desprende claramente que la observancia de los límites de intensidad de campo existentes no ofrecerá una protección real adecuada a los servicios de radiocomunicaciones. De hecho, estos límites suelen exceder en varias decenas de dB a los necesarios para proteger un receptor radioeléctrico de radiodifusión situado muy cerca de un dispositivo de transmisión de potencia inductiva. Tomando como ejemplo un receptor de radiodifusión que funciona a 900 kHz en la banda de ondas hectométricas en los límites de su zona de cobertura protegida, la UER ha demostrado (véase el § A8.4) que el nivel máximo de intensidad de campo magnético interferente aceptable en el receptor es de  $-43,0$  dB $\mu$ A/m. Por el contrario, y a modo de ejemplo, la Recomendación 74-01 de la CEPT/ERC prevé un límite de intensidad de campo magnético para las emisiones no esenciales procedentes de un dispositivo de corto alcance (SRD) en dicha frecuencia de 7,0 dB $\mu$ A/m a 10 m de distancia del dispositivo, lo que supone un valor 50,0 dB superior, incluso ignorando el hecho de que el dispositivo TIP-VE probablemente se hallará a menos de 10 metros del receptor afectado. Para que un dispositivo TIP-VE inductivo capaz de emitir ese nivel de radiación parásita no cause interferencia al receptor de radiodifusión, la distancia de separación tendría que ser de aproximadamente 90 m.

Los límites existentes para las emisiones radiadas no suelen causar problemas a las aplicaciones no relacionadas con la TIP-VE. Debido a otras consideraciones adicionales, como la intermitencia de funcionamiento, las características de la antena, etc., así como a la ubicación y la densidad de utilización, los efectos de la interferencia son tan leves que pueden ignorarse. Además, el hecho de que exista un límite de intensidad de campo no implica que los dispositivos sujetos al mismo funcionen realmente a un nivel próximo al valor límite; tradicionalmente, los SRD funcionan con baterías y, por tanto, entre sus objetivos de diseño debería figurar el mantenimiento de la radiación innecesaria al mínimo indispensable. Sin embargo, es probable que los sistemas TIP-VE funcionen con un nivel de potencia elevado, de forma continua (probablemente, durante horas) y en entornos domésticos donde estarían cerca de receptores de radiodifusión. De acuerdo con el Adjunto 5 al Anexo 8 del presente Informe, es razonable prever que los sistemas TIP-VE se hallarán a 3 m de distancia de los receptores de radiodifusión. Por convención, la intensidad de campo magnético suele expresarse a 10 m de distancia de la fuente, por lo que habría que aplicar factores de corrección para garantizar la aplicación de la condición de «no interferencia» en diferentes casos. En las circunstancias consideradas (a pocas decenas de metros de la fuente de interferencia), la intensidad del campo magnético varía con el cubo de la distancia.

En el Informe UIT-R SM.2303-2 se describen dos métodos para lograr la compatibilidad entre los sistemas TIP-VE y los sistemas de radiodifusión sonora, que se desarrollan en el presente Informe. El primer método se basa en los criterios de protección vigentes del UIT-R para las señales de radiodifusión AM. El segundo se basa en los criterios de emisiones de armónicos de TIP-VE que coinciden con las bandas de radiodifusión sonora en ondas kilométricas y hectométricas, que deben mantenerse por debajo de los niveles de ruido ambiental.

NOTA – En uno de los estudios descritos en el Adjunto 7 al Anexo 8 se demuestra que las fuentes de interferencia a una sola frecuencia tienen que situarse 10 dB por debajo del nivel de ruido de fondo, como mínimo, para ser inaudibles y/o enmascararse.

De conformidad con las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560, con el primer método se obtienen unos niveles de interferencia tolerable de  $-37$  dB $\mu$ A/m en la banda de radiodifusión en ondas kilométricas (148,5-283,5 kHz) y de  $-43$  dB $\mu$ A/m en la banda de ondas hectométricas (526,5-1 606,5 kHz – en las Regiones 1 y 3) en el emplazamiento del receptor.

A partir de los niveles de ruido ambiental derivados de la Recomendación UIT-R P.372-13, con el segundo método se obtienen unos niveles de interferencia tolerable de  $-25,5$  dB $\mu$ A/m en zonas urbanas, de  $-30,5$  dB $\mu$ A/m en zonas residenciales, de  $-34,5$  dB $\mu$ A/m en zonas rurales y de  $-48,5$  dB $\mu$ A/m en zonas rurales tranquilas, a 500 kHz, en el emplazamiento del receptor (véase el Anexo 7). Los resultados de ciertas mediciones muestran que los niveles de ruido ambiental en algunas zonas urbanas y residenciales rebasan con creces los niveles anteriores.

El segundo método no tiene en cuenta que la fuente interferente debe situarse 10 dB por debajo del nivel de ruido de fondo, como mínimo, para ser inaudible y/o enmascararse.

En el Informe de la BBC [WHP 332](#) (véase el Adjunto 6 al Anexo 8) se demuestra que la propensión real a la interferencia depende esencialmente de la frecuencia de funcionamiento concreta del sistema TIP-VE y, lo que es más importante, de sus armónicos principales. Si el armónico del sistema TIP-VE interferente se encuentra dentro de un margen de  $\pm 50$  Hz aproximadamente de la frecuencia portadora de radiodifusión deseada, la intensidad de campo de protección de  $-43,0$  dB $\mu$ A/m (ondas hectométricas) en el receptor (o a 3 m del cargador de TIP-VE) puede flexibilizarse hasta un valor de  $-13,0$  dB $\mu$ A/m, lo que supone un margen significativo de 30 dB.

En la práctica, casi todas las transmisiones en ondas kilométricas y hectométricas funcionan con una trama de frecuencias fija. En las Regiones 1 y 3 de la UIT, todos los canales se centran (y tienen su frecuencia portadora) en un múltiplo de 9 kHz y, en la Región 2, todas las portadoras son un múltiplo de 10 kHz (véanse también los Adjuntos 1 y 2 al Anexo 8, que contienen información sobre los transmisores de radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas en partes de las Regiones 1 y 2). Ello permite reducir al mínimo la interferencia perjudicial entre las propias estaciones radioeléctricas y facilitar el proceso de planificación de la red. No obstante, también repercute en la elección de la frecuencia de funcionamiento del sistema TIP-VE. Por ejemplo, si se optase por los 90 kHz como frecuencia de funcionamiento del sistema TIP-VE, todos los armónicos se armonizarían automáticamente con las frecuencias portadoras de radiodifusión de las Regiones 1, 2 y 3.

En resumen, para evitar que los sistemas TIP-VE causen interferencia perjudicial a las transmisiones de radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas, dichos sistemas deben diseñarse con precisión y con una alta calidad técnica. A tal efecto, es fundamental escoger minuciosamente las frecuencias de funcionamiento, controlar rigurosamente tanto la frecuencia como la estabilidad y mantener la radiación de los armónicos en los niveles más bajos posibles.

Los límites aplicables a los niveles tolerables de emisiones de armónicos de los sistemas TIP-VE se indican en los Cuadros 7 y 8 *infra*.

CUADRO 7

**Límites aplicables a las emisiones radiadas de TIP-VE para proteger los servicios de radiocomunicaciones que funcionan por debajo de 30 MHz cuando el sistema de TIP NO se ajusta a la disposición de radiodifusión<sup>(1)</sup>**

Servicio	Banda	Potencia de TIP-VE <sup>(2)</sup>	Requisitos/límites de protección de los armónicos de TIP-VE (a la distancia mínima de separación o en la antena receptora)			Valores corregidos a una distancia de medición de 10 m <sup>(3)</sup>
			1 m	3 m	10 m	
Radiodifusión	Ondas kilométricas 148,5-283,5 kHz	Baja/reducida	-37 dB $\mu$ A/m			-97 dB $\mu$ A/m
		Media		-37 dB $\mu$ A/m		-68 dB $\mu$ A/m
		Alta			-37 dB $\mu$ A/m	-37 dB $\mu$ A/m
	Ondas hectométricas 526,5-1 606,5 kHz	Baja/reducida	-43 dB $\mu$ A/m			-103 dB $\mu$ A/m
		Media		-43 dB $\mu$ A/m		-74 dB $\mu$ A/m
		Alta			-43 dB $\mu$ A/m	-43 dB $\mu$ A/m
	Ondas decamétricas 2,30-26,10 MHz <sup>(4)</sup>	Baja/reducida	-63 dB $\mu$ A/m			-123 dB $\mu$ A/m
		Media		-63 dB $\mu$ A/m		-94 dB $\mu$ A/m
		Alta			-63 dB $\mu$ A/m	-63 dB $\mu$ A/m

<sup>(1)</sup> Cuando los armónicos de TIP-VE están armonizados con la trama de frecuencias de radiodifusión, se puede flexibilizar en 30 dB estos valores tolerables – Cuadro 8.

<sup>(2)</sup> Clases de potencia TIP-VE: potencia elevada de TIP-VE, cuando es superior a 22 kW; potencia media de TIP-VE, entre 3,3 kW y 22 kW; potencia baja de TIP-VE, entre 50 W y 3,3 kW; potencia reducida de TIP-VE, cuando es inferior a 50 W.

<sup>(3)</sup> Véase el Adjunto 5 al Anexo 8.

<sup>(4)</sup> La banda de radiodifusión en ondas decamétricas (Banda 7) se divide en 14 subbandas: 2,30-2,495, 3,20-3,40, 3,90-4,00, 4,75-5,06, 5,80-6,20, 7,20-7,45, 9,40-9,90, 11,60-12,10, 13,57-13,87, 15,10-15,83, 17,48-17,90, 18,90-19,02, 21,45-21,85 y 25,60-26,10 (todas en MHz).



CUADRO 8

**Límites aplicables a las emisiones radiadas de TIP-VE para proteger los servicios de radiocomunicaciones que funcionan por debajo de 30 MHz cuando el sistema de TIP se ajusta a la disposición de radiodifusión**

Servicio	Banda	Potencia de TIP-VE <sup>(2)</sup>	Requisitos/límites de protección de los armónicos de TIP-VE (a la distancia mínima de separación o en la antena receptora)			Valores corregidos a una distancia de medición de 10 m <sup>(3)</sup>
			1 m	3 m	10 m	
Radiodifusión	Ondas kilométricas 148,5-283,5 kHz	Baja/reducida	-7 dBμA/m			-67 dBμA/m
		Media		-7 dBμA/m		-38 dBμA/m
		Alta			-7 dBμA/m	-7 dBμA/m
	Ondas hectométricas 526,5-1 606,5 kHz	Baja/reducida	-13 dBμA/m			-73 dBμA/m
		Media		-13 dBμA/m		-44 dBμA/m
		Alta			-13 dBμA/m	-13 dBμA/m
	Ondas decamétricas 2,30-26,10 MHz <sup>(4)</sup>	Baja/reducida	-33 dBμA/m			-93 dBμA/m
		Media		-33 dBμA/m		-64 dBμA/m
		Alta			-33 dBμA/m	-33 dBμA/m

<sup>(1)</sup> Clases de potencia TIP-VE: potencia elevada de TIP-VE, cuando es superior a 22 kW; potencia media de TIP-VE, entre 3,3 kW y 22 kW; potencia baja de TIP-VE, entre 50 W y 3,3 kW; potencia reducida de TIP-VE, cuando es inferior a 50 W.

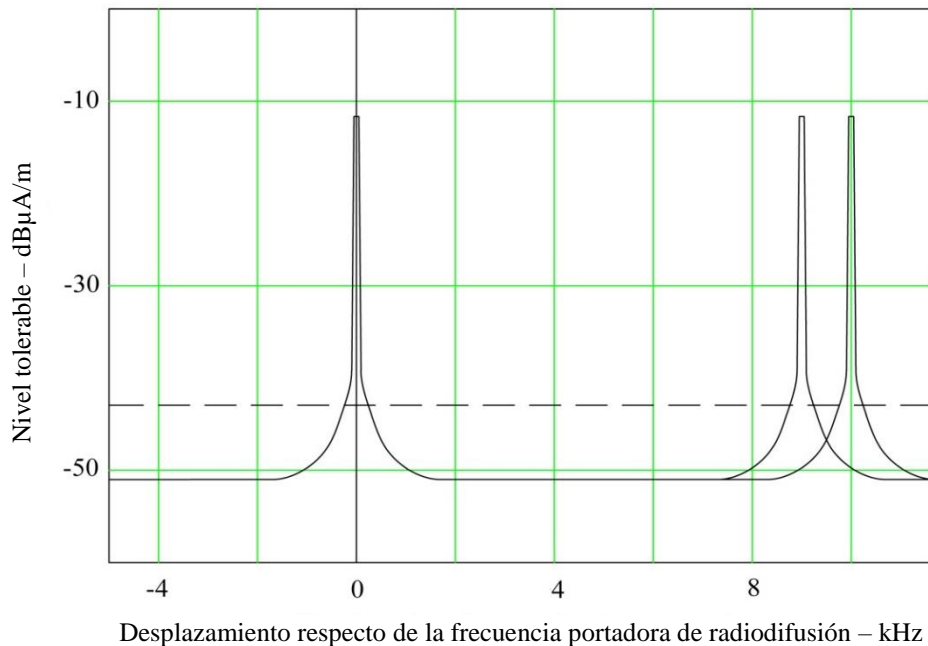
<sup>(2)</sup> Véase el Adjunto 5 al Anexo 8.

<sup>(3)</sup> La banda de radiodifusión en ondas decamétricas (Banda 7) se divide en 14 subbandas: 2,30-2,495, 3,20-3,40, 3,90-4,00, 4,75-5,06, 5,80-6,20, 7,20-7,45, 9,40-9,90, 11,60-12,10, 13,57-13,87, 15,10-15,83, 17,48-17,90, 18,90-19,02, 21,45-21,85 y 25,60-26,10 (todas en MHz).

La Fig. 6 muestra los efectos del funcionamiento «en disposición».

FIGURA 6

Máscara de espectro que representa los límites de las emisiones radiadas de TIP-VE en función del desplazamiento respecto de la frecuencia portadora de radiodifusión AM



En la Fig. 6, la línea continua representa el nivel tolerable de interferencia de una fuente de interferencia de onda sinusoidal no modulada sin enmascaramiento de ruido, mientras que la línea discontinua muestra el efecto del enmascaramiento de ruido en el límite de la recepción. La máscara solo se aplica a una fuente interferente de onda sinusoidal (véase también el Adjunto 7 al Anexo 8).

#### 4.5 Efectos de las emisiones radiadas no esenciales y de armónicos sobre el servicio de aficionados y requisitos de protección pertinentes

Las tres gamas de frecuencias objeto de estudio para la TIP-VE no se superponen con las bandas de frecuencias de aficionados 135,7-137,8 kHz y 472 kHz, que se hallan a una distancia de separación razonable. Por tanto, la supresión de la sensibilidad del receptor (fuera de la banda) no se ha considerado un problema.

Se han propuesto varios límites para los niveles máximos absolutos de intensidad de campo eléctrico y magnético de las aplicaciones inductivas que funcionan a corta distancia y a niveles de potencia implícitamente bajos (aunque no especificados). Existen propuestas encaminadas a adaptar o ampliar estos mismos límites a las aplicaciones de transmisión de potencia inductiva de media/alta potencia, como las de TIP-VE, que funcionarán a potencias del orden de decenas a cientos de kW. Sin embargo, de los estudios se desprende claramente que la observancia de los límites de intensidad de campo existentes no ofrecerá una protección adecuada a los servicios de radiocomunicaciones.

Las bandas de frecuencias de aficionados de 472 kHz en adelante pueden verse afectadas por la radiación de armónicos de los sistemas TIP-VE que funcionan a 79-90 kHz y, posiblemente, a 20 kHz y 60 kHz.

En el Informe UIT-R SM.2303 se indica que la interferencia a los servicios de aficionados no ha sido objeto de estudio. En documentos posteriores presentados al UIT-R se confirma que los límites de emisiones radiadas de armónicos, definidos por el UIT-R y/o el CISPR para otros dispositivos inductivos, distan de poder proporcionar una protección adecuada a los servicios de aficionados frente a la interferencia perjudicial causada por los sistemas TIP-VE en esta gama de frecuencias.

Los niveles de protección para el servicio de aficionados, definidos en las Recomendaciones UIT-R F.240 y UIT-R M.1044 y utilizados en los estudios del Anexo 10, pueden aplicarse a título orientativo con miras a la definición de límites de radiación de armónicos adecuados. Aún no se han estudiado las cuestiones relativas al ruido de banda ancha de los sistemas TIP-VE, no obstante, los requisitos de protección establecidos también son aplicables a esa radiación.

Es probable que la eventual distancia de separación respecto de los sistemas que funcionan a 20 y 60 kHz proporcione una protección razonable contra las emisiones radiadas de armónicos de los sistemas TIP-VE, aunque esta hipótesis está pendiente de validación.

Del elevado ciclo de trabajo de los sistemas TIP-VE a 79-90 kHz, su ubicación prevista en las proximidades o en el interior de viviendas (y, por tanto, cerca de antenas del servicio de aficionados) y su probable densidad de despliegue se colige que las emisiones radiadas de armónicos de dichos sistemas deberán someterse a un control riguroso, a fin de evitar la interferencia perjudicial. Concretamente, la adopción de límites de emisiones radiadas de dispositivos inductivos a otros dispositivos y aplicaciones no proporcionaría el nivel de protección necesario. La interferencia perjudicial al servicio de aficionados será inevitable si los sistemas TIP-VE funcionan en esos límites o cerca de ellos.

El estudio mencionado en el Anexo 10 comprende un modelo ilustrativo de la protección que requiere el servicio de aficionados y muestra la necesidad de fijar límites significativamente más estrictos para la TIP-VE. El límite de emisión radiada necesario para proporcionar una protección adecuada es el siguiente:

*–45,5 dB $\mu$ A/m a 300 kHz, con una reducción de 8 dB por década de frecuencia hasta alcanzar los –61,5 dB $\mu$ A/m a 30 MHz.  
Mediciones realizadas a 10 m de distancia en un ancho de banda de 10 kHz.*

Sin embargo, los límites que es preciso aplicar a las emisiones radiadas de armónicos de los sistemas TIP-VE pueden flexibilizarse en unos 20 dB si:

- a) todos los sistemas TIP-VE adoptan una frecuencia de funcionamiento armonizada con tolerancias muy ajustadas; y
- b) el ruido de fase y las bandas laterales de ruido de la TIP-VE no rebasan el límite anterior.

Se han facilitado datos limitados sobre las emisiones radiadas de armónicos de los sistemas TIP-VE que funcionan a 79-90 kHz. Sin embargo, los datos presentados sugieren que, en principio, los sistemas funcionarán con valores cercanos a los límites de emisión previstos en la Recomendación UIT-R SM.329. Por consiguiente, los problemas en términos de repercusiones expuestos en el Anexo 10 representan una amenaza importante para las radiocomunicaciones en el marco del servicio de aficionados.

## **5 Medidas de armonización y atenuación para reducir al mínimo los efectos de la TIP-VE sobre los servicios de radiocomunicaciones**

### **5.1 Armonización mundial**

En el presente Informe, el término «armonización» tiene dos vertientes:

- 1) las gamas de frecuencias que deben utilizar los equipos de TIP-VE; y
- 2) las características de los equipos de TIP-VE con miras a la protección de otros servicios de radiocomunicaciones.

Ambas vertientes pueden contribuir a la producción y el despliegue masivos de sistemas TIP-VE, protegiendo al mismo tiempo el funcionamiento de los servicios de radiocomunicaciones contra cualquier interferencia que puedan causar los equipos de TIP-VE.

En lo que respecta a las gamas de frecuencias armonizadas, en la Recomendación UIT-R SM.2110 se indican las bandas de frecuencias recomendadas para los sistemas TIP-VE.

En cuanto a las características de los equipos de TIP-VE, en el § 3.1 y en el Anexo 2 al presente Informe se indican los límites de intensidad de campo que los equipos de TIP-VE deben respetar en las distintas bandas de frecuencias para los diferentes servicios de radiocomunicaciones interesados.

### **5.2 Medidas de atenuación**

#### **5.2.1 Estrategias de atenuación para reducir los efectos sobre el servicio de radiodifusión**

El funcionamiento de los transmisores de radiodifusión AM se rige por el Reglamento de Radiocomunicaciones. En las Regiones 1 y 3, el instrumento pertinente es el Plan de frecuencias de Ginebra de 1975 (GE75) y, en la Región 2, el Plan de frecuencias de Río de Janeiro de 1981 (RJ81). Estos acuerdos internacionales atribuyen frecuencias de funcionamiento a los transmisores de ondas kilométricas y hectométricas, evitando que se causen interferencia entre sí, con arreglo a factores tales como la separación geográfica, la potencia del transmisor y las características de las antenas. Dichos Planes se fundamentan en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560. Cabe señalar que los planes de asignación regionales establecen las frecuencias de funcionamiento de los transmisores en redes o tramas, concretamente, en el Plan GE75, cada frecuencia (portadora) es un múltiplo de 9 kHz y, en el Plan RJ81, un múltiplo de 10 kHz.

Al disponer todas las portadoras en una trama común, se logra que la interferencia en el mismo canal sea hasta 16 dB menos intrusiva que si estas se eligieran al azar. La Fig.1 de la Recomendación UIT-R BS.560 ilustra lo anterior.

Este mismo principio puede aplicarse a los sistemas TIP-VE si su frecuencia de funcionamiento se selecciona y establece para que sea un múltiplo de 9 kHz o de 10 kHz. Cuando la frecuencia de funcionamiento se elige de esta manera, cualquier armónico se encontrará también (automáticamente) en la trama de frecuencias de radiodifusión. En noviembre de 2017, la BBC llevó a cabo una serie de estudios de los efectos subjetivos de la interferencia procedente de una portadora no modulada situada dentro o fuera de la trama. Estas pruebas se describen en el artículo técnico WHP 332 de Investigación y Desarrollo de la BBC, de noviembre de 2017 – Transferencia inalámbrica de potencia: interferencia de la portadora simple causada a la recepción con MA, que se reproduce como Adjunto 6 al Anexo 8.

De acuerdo con dicho estudio, si la frecuencia de funcionamiento de la TIP-VE y sus armónicos<sup>2</sup> son sinusoides simples y se encuentran cerca de las frecuencias de la trama de radiodifusión, la intensidad de campo puede ser 22 dB mayor (por encima de los 16 dB de la Recomendación UIT-R BS.560, es decir, 38 dB en total) sin que se produzca un efecto audible perjudicial sobre el audio demodulado del receptor. Evidentemente, este principio podría sentar las bases de una técnica de atenuación útil. La técnica correspondiente y su posible aplicación se describen en detalle en el Anexo 8.

Las cifras correspondientes a los niveles tolerables de emisiones exógenas de sistemas TIP-VE en el receptor (o a la distancia mínima de separación prevista), cuando se utiliza la trama de canales de radiodifusión, son:

- Banda 5 (ondas kilométricas):  $-7,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ;
- Banda 6 (ondas hectométricas):  $-13,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ; (c)
- Banda 7 (ondas decamétricas):  $-34,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ .

O a una distancia de medición de 10 metros:

- Banda 5 (ondas kilométricas):  $-38,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ;
- Banda 6 (ondas hectométricas):  $-44,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ; (d)
- Banda 7 (ondas decamétricas):  $-64,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ .

## 5.2.2 Otros factores

### 5.2.2.1 Modulación del «campo» de carga

El cargador de TIP podría utilizarse para transferir datos al objeto que se está cargando, modulando el «campo» (magnético) de carga de alguna forma. La comunicación en sentido inverso requeriría de otro sistema. Cualquier intento de modular el «campo» de carga se manifestaría en forma de bandas laterales. Sería necesario imponer límites a esta energía de banda lateral, para evitar que causase interferencia a los servicios de radiodifusión, incluso aunque la frecuencia básica coincidiera perfectamente con la trama. Cabe examinar los esquemas de modulación previstos. En el caso de los cargadores de alta potencia, cabría imaginar que existen formas más fáciles de establecer comunicaciones a escasa distancia que modular el «campo» de carga de alta potencia.

### 5.2.2.2 Alteración del servicio de aficionados

Cabe asimismo señalar que la opción de fijar la frecuencia de funcionamiento de la TIP a la trama de radiodifusión tendría un efecto positivo en la alteración del servicio de aficionados, ya que todos los armónicos se hallarían en frecuencias «puntuales» específicas, en lugar de estar repartidos por todo el espectro.

De esta forma, la mayor parte del espectro se mantendría libre de interferencia perjudicial, lo que permitiría flexibilizar en gran medida los niveles requeridos de emisión radiada de armónicos.

## 6 Conclusiones

En el presente Informe se han examinado los efectos de las radiaciones de los equipos y sistemas utilizados a efectos de la transmisión inalámbrica de potencia para la carga de vehículos eléctricos (TIP-VE) sobre los servicios de radiocomunicaciones que funcionan por debajo de 30 MHz.

---

<sup>2</sup> Si las frecuencias de funcionamiento de la TIP-VE (por ejemplo, los cargadores de vehículos) se limitan a la gama de 79-90 kHz, solo los armónicos afectarán al servicio de radiodifusión.

En los diversos estudios se han considerado los servicios operativos en las frecuencias de funcionamiento propuestas para la TIP-VE, o cerca de ellas, así como los servicios que podrían verse afectados por las radiaciones de los sistemas TIP-VE en otras frecuencias, en particular los relacionados en términos de armónicos con la frecuencia de funcionamiento nominal. Cabe prever que el UIT-R prosiga esta labor y examine los límites que es necesario aplicar a las radiaciones de los sistemas TIP-VE para proteger los servicios de radiocomunicaciones.

Entre los servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones considerados figuran el servicio de radiodifusión, el servicio de frecuencias patrón y señales horarias, el servicio de aficionados, los servicios de radionavegación marítima (Loran-C), los sistemas de alarma automática para la protección ferroviaria, el servicio aeronáutico, el control de ondulación y los sistemas de detección de rayos.

Los sistemas TIP-VE carecen de un estatus definido o implícito que les otorgue prioridad con respecto a los servicios de radiocomunicaciones en lo que atañe a las interferencias perjudiciales (véanse los números **15.12** y **15.13** del RR). Por consiguiente, las frecuencias de funcionamiento, los niveles de potencia y las radiaciones derivadas del funcionamiento de los sistemas TIP-VE deben fijarse de tal manera que no causen interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicaciones.

En cuanto a los efectos sobre los servicios operativos en la frecuencia de funcionamiento del sistema TIP-VE, o cerca de ella, el principal motivo de inquietud guarda relación con la incidencia en los servicios de SFPSH que funcionan a 60 kHz y 77,5 kHz.

Un estudio relativo al SFPSH a 60 kHz muestra que los sistemas TIP-VE operativos en cualquier parte de la banda 55-65 kHz, con arreglo a los límites propuestos por el CISPR (véase el Anexo 3), causarán interferencias perjudiciales a dicho servicio. También se constató que, en la hipótesis de uso de los sistemas TIP-VE en la vía pública, con distancias de separación de entre 10 y 20 metros, el sistema en cuestión causaría interferencia perjudicial en todos los casos estudiados. En el marco de la hipótesis de uso de los sistemas TIP-VE en depósitos, la coexistencia puede ser factible con una separación de  $\pm 4$  kHz entre las frecuencias, siempre que la distancia de separación sea superior a 50 m y la intensidad de campo sea de 34 dB $\mu$ A/m a 10 m. En otro estudio se consideró que la interferencia al SFPSH a 60 kHz podría mitigarse si la frecuencia fundamental se desplazase a 21 kHz, lo que a su vez desplazaría el tercer armónico a 63 kHz. No obstante, esta última consideración no se basó en un análisis de coexistencia.

Aunque el análisis muestra que se requiere una separación de  $\pm 4$  kHz entre las frecuencias, si se puede garantizar una distancia de separación de 100 m entre el sistema TIP-VE y el SFPSH, la separación entre las frecuencias puede reducirse a  $\pm 3$  kHz y la intensidad de campo puede ser de 44 dB $\mu$ A/m a 10 m.

Un estudio relativo al SFPSH a 77,5 kHz muestra que los sistemas TIP-VE operativos en la banda 79-90 kHz, con un límite de 68,5 dB $\mu$ A/m para las emisiones principales, inciden en la recepción de dicho servicio a la intensidad de campo mínima deseada de 50 dB $\mu$ V/m, cuando la distancia de separación es de 10 metros. La distancia de protección correspondiente al SFPSH a 77,5 kHz depende de la intensidad de campo deseada, la radiación interferente y el desplazamiento de las frecuencias.

Los estudios indican que el funcionamiento de los sistemas TIP-VE en las bandas de frecuencias 19-21 kHz, 55-65 kHz y 79-90 kHz (véase el Cuadro 9) requiere un control estricto de la radiación que emiten, a fin de garantizar su compatibilidad con los servicios de radiocomunicaciones dotados de atribuciones en otras bandas de frecuencias, en particular en bandas relacionadas en términos de armónicos. En los estudios se evoca la inquietud que suscitan los efectos de las radiaciones de los sistemas TIP-VE sobre el servicio de radiodifusión y el servicio de aficionados. Algunos estudios muestran que los actuales límites de emisión de los sistemas TIP-VE podrían ser insuficientes para evitar la interferencia perjudicial a estos servicios de radiocomunicaciones. Las bases de esta conclusión se exponen en los distintos estudios.

Varios aspectos del Informe siguen siendo objeto de un examen crítico, en particular la forma en que los límites en materia de «perturbación radiada» que aplican algunos de los estudios dimanan de los límites establecidos para diversas aplicaciones de ISM y SRD que, en el momento en que se concibieron, tenían pocas posibilidades de causar interferencia a los servicios de radiocomunicaciones. Ahora, estos límites se aplican a título de referencia a los sistemas TIP-VE, si bien se asume que las hipótesis y la metodología originales no son representativas del entorno electromagnético en el que se utilizan actualmente la mayoría de los productos electrónicos y eléctricos de carácter doméstico, por no mencionar que tampoco son válidas para el uso proyectado (véase el § 6/9.1.6/2 del Informe de la RPC a la CMR-19) de los cargadores de TIP-VE con un nivel de potencia muy superior.

En el caso de los sistemas del servicio aeronáutico, el control de ondulación y la detección de rayos, no se han podido extraer conclusiones de los datos disponibles.

Las mejores herramientas de divulgación de los límites de radiación y las técnicas de atenuación, así como de otras cuestiones pertinentes, incluidas las orientaciones a las administraciones, son los Informes y Recomendaciones del UIT-R, complementados por los estudios y la documentación adicional necesarios. Entre los temas abordados y pendientes de estudio que guardan relación con la TIP-VE figuran:

- las frecuencias adecuadas para la TIP-VE, que se especifican en la Recomendación UIT-R SM.2110;
- los límites aplicables a la radiación que emana de los sistemas TIP-VE en las frecuencias de funcionamiento y en otras frecuencias, incluidas las relacionadas en términos de armónicos, que se ha previsto especificar en una nueva Recomendación UIT-R; y
- los resultados de estudios conexos y diversos ejemplos de enfoques normativos nacionales, que se exponen en los Anexos al presente Informe.

El UIT-R tendrá que colaborar estrechamente con otras SDO a fin de garantizar que las normas en la materia incluyan las gamas de frecuencias y los límites técnicos adecuados, según proceda, para proteger los servicios de radiocomunicaciones.

#### CUADRO 9

##### Bandas de frecuencias y niveles de potencia para la TIP-VE

Categorías	Nivel de potencia	Banda de frecuencias	Aplicaciones de TIP
TIP-VE de alta potencia	Más de 22 kW	19-21 kHz	Vehículos eléctricos pesados específicos (por ejemplo, autobuses, tranvías, camiones)
	Más de 22 kW	55-57 kHz <sup>(1)</sup>	Vehículos eléctricos pesados específicos (por ejemplo, autobuses, tranvías, camiones)
	Más de 22 kW	63-65 kHz <sup>(1)</sup>	Vehículos eléctricos pesados específicos (por ejemplo, autobuses, tranvías, camiones)
TIP-VE de potencia media	Hasta 22 kW	79-90 kHz	Vehículos eléctricos ligeros genéricos

<sup>(1)</sup> No debe utilizarse para la frecuencia fundamental de la TIP-VE. Suponiendo una distancia de separación mínima de 50 m entre la TIP-VE y los receptores del SFPSH, el tercer armónico ha de recaer dentro de la gama de frecuencias 64-65 kHz y 55-56 kHz y la emisión de la TIP estará limitada a 35 dB $\mu$ A/m a 10 m. Cuando se pueda garantizar una distancia de separación superior a 100 m entre el sistema TIP-VE y el receptor del SFPSH, el tercer armónico puede recaer dentro de la gama 63-65 kHz y 55-57 kHz y la emisión TIP estará limitada a 44 dB $\mu$ A/m a 10 m.

## Anexo 1

### Características técnicas y requisitos de protección de los servicios de radiocomunicaciones para su utilización en estudios relativos a los efectos de la TIP-VE

#### A1.1 Servicios marítimos

Las características técnicas para las bandas de frecuencias 190-535 kHz y 285-325 kHz se enumeran en el Apéndice 12 del Reglamento de Radiocomunicaciones, mientras que las características técnicas para la banda 2,8-22 MHz figuran en el Apéndice 27 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

CUADRO A1-1

#### Características técnicas de los servicios marítimos

Bandas de frecuencias	Recomendación	Título	Secciones pertinentes
90-110 kHz <sup>(1)</sup>	UIT-R M.589	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	Anexo 1 al § 2
285-325 kHz <sup>(1)</sup>	UIT-R M.823	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	Anexo 1 al § 1
490-518 kHz <sup>(1)</sup>	UIT-R M.2010	Características del sistema digital «Datos de navegación para difundir información de seguridad marítima e información de seguridad conexas de costa a barco en la banda de 500 kHz»	Anexo 3 al Cuadro 1
1,6-3,8 MHz <sup>(1)</sup>	UIT-R M.1173	Características técnicas de los transmisores de banda lateral única utilizados para la radiotelefonía en el servicio móvil marítimo, en las bandas comprendidas entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz en la Región 2) y 4 000 kHz y entre 4 000 kHz y 27 500 kHz	Anexo 1
	UIT-R M.1171	Procedimientos de radiotelefonía en el servicio móvil marítimo	Anexo 1 al § 2 y § 3
4-27,5 MHz <sup>(1), (2)</sup>	UIT-R M.1173	Características técnicas de los transmisores de banda lateral única utilizados para la radiotelefonía en el servicio móvil marítimo, en las bandas comprendidas entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz en la Región 2) y 4 000 kHz y entre 4 000 kHz y 27 500 kHz	Anexo 1
	UIT-R M.1171	Procedimientos de radiotelefonía en el servicio móvil marítimo	Anexo 1 al § 2 y § 3

<sup>(1)</sup> Elementos considerados como servicios de seguridad en virtud de la Recomendación UIT-R SM.1535.

<sup>(2)</sup> Elementos que se ha de considerar en los estudios relativos a la banda de frecuencias 6 765-6 795 kHz.



CUADRO A1-2

**Características técnicas de los servicios aeronáuticos**

<b>Bandas de frecuencias</b>	<b>Recomendación</b>	<b>Título</b>	<b>Secciones pertinentes</b>
190-535 kHz <sup>(1)</sup>	UIT-R SM.1535	Diccionario de datos de radiocomunicaciones	Anexo 1 al § 2.4
2,8-22 MHz <sup>(1), (2)</sup>	UIT-R M.1458	Utilización de las bandas de frecuencias comprendidas entre 2,8 y 22 MHz por el servicio móvil aeronáutico (R) para las transmisiones de datos que utilizan la clase de emisión J2D	Anexo 1

<sup>(1)</sup> Elementos considerados como servicio de seguridad en virtud de la Recomendación UIT-R SM.1535.

<sup>(2)</sup> Elementos que se ha de considerar en los estudios relativos a la banda de frecuencias 6 765-6 795 kHz.

**A1.2 Servicio de aficionados**

CUADRO A1-3

**Características técnicas del servicio de aficionados**

<b>Bandas de frecuencias</b>	<b>Recomendación</b>	<b>Título</b>	<b>Secciones pertinentes</b>
Todas	UIT-R M.1732	Características de los sistemas que funcionan en el servicio de aficionados y de aficionados por satélite para utilizarlas en estudios de compartición	Texto ( <i>recomienda</i> ) y Cuadro 1A
F < 30 MHz	UIT-R M.1044	Criterios de compartición de frecuencias en los servicios de aficionados y de aficionados por satélite	§ 5
F < 30 MHz	UIT-R F.240	Relaciones de protección señal/interferencia para las distintas clases de emisión en el servicio fijo por debajo de unos 30 MHz	Cuadro 1

**A1.3 Servicio de frecuencias patrón y señales horarias**

CUADRO A1-4

**Estaciones del servicio de frecuencias patrón y señales horarias**

<b>Estación (distintivo de llamada)</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Frecuencias (kHz)</b>	<b>Potencia radiada (kW)</b>
DCF77	50O 01' N 09O 00' E	77,5	30
JJY40	37O 22' N 140O 51' E	40	10
JJY60	33O 28' N 130O 11' E	60	20
MSF	54O 55' N 03O 15' W	60	16
WWVB	40O 40' N 105O 03' W	60	70

De acuerdo con el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, la banda 19,95-20,05 kHz está atribuida al servicio de frecuencias patrón y señales horarias a título primario. En el número 5.56 del RR se estipula asimismo que las estaciones de los servicios a los que se han atribuido las bandas 14-19,95 kHz y 20,05-70 kHz y, en la Región 1, las bandas 72-84 kHz y 86-90 kHz, podrán transmitir frecuencias patrón y señales horarias. Tales estaciones quedarán protegidas contra interferencias perjudiciales.

CUADRO A1-5

**Intensidad de campo mínima utilizable de los servicios de frecuencias patrón y señales horarias MSF, WWVB y DCF77**

	<b>Intensidad de campo mínima utilizable</b>
Intensidad de campo eléctrico	40 dB $\mu$ V/m (100 $\mu$ V/m)
Intensidad de campo magnético	-11,50 dB $\mu$ A/m

CUADRO A1-6

**Intensidad de campo mínima utilizable de los servicios de frecuencias patrón y señales JJY**

	<b>Intensidad de campo mínima utilizable</b>
Intensidad de campo eléctrico	60 dB $\mu$ V/m

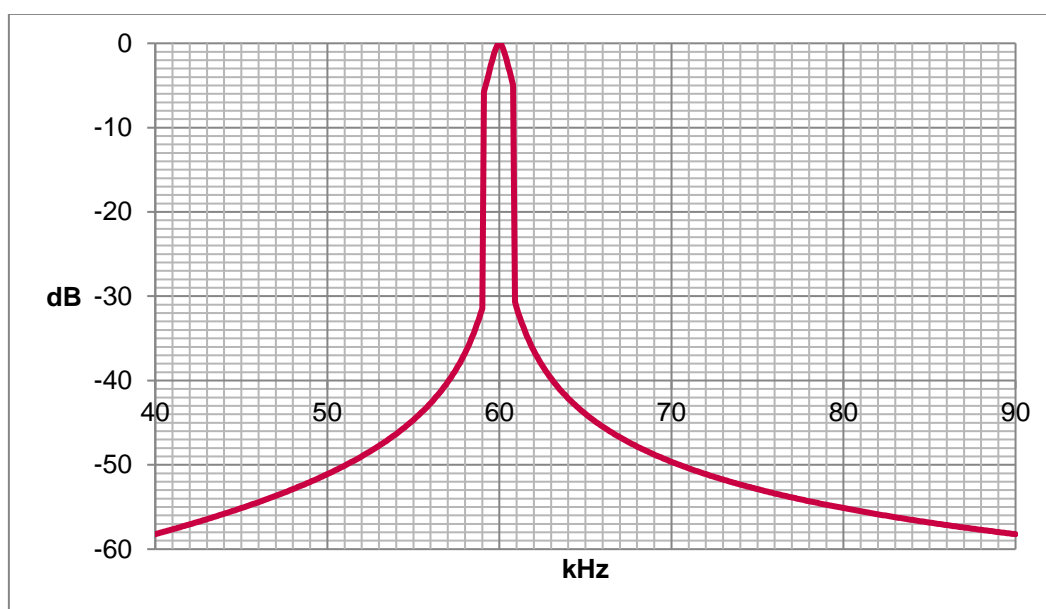
CUADRO A1-7

**Criterios de protección en la misma frecuencia de los servicios de frecuencias patrón y señales horarias MSF, WWVB y DCF77**

	<b>Relación de protección</b>	<b>Máxima señal interferente permitida en el campo cercano o lejano (campo E)</b>	<b>Máxima señal interferente permitida en el campo cercano o lejano (campo H)</b>
Criterios mínimos de protección	25 dB	15 dB $\mu$ V/m	-36,5 dB $\mu$ A/m

FIGURA A1-1

Criterios de protección de la curva de selectividad de los sistemas MSF y WWVB para el SFPSH



CUADRO A1-8

Relaciones de protección mínimas para los sistemas JJY

Gama de frecuencias de la frecuencia fundamental	Criterios de protección	Comentarios
10-79 kHz	El límite de emisiones radiadas para los dispositivos TIP-VE es de 23,1 dB $\mu$ A/m, medido a una distancia de 10 metros.* <sup>1)</sup> Debe presentarse una solicitud específica al Ministro de Asuntos Internos y Comunicaciones para cada dispositivo TIP-VE, cuyo funcionamiento estará sujeto a autorización.	No está permitido a 40 kHz ni a 60 kHz en los casos en que haya servicios de FPSH (JJY) operativos.
79-90 kHz	El límite de emisiones radiadas para los dispositivos TIP-VE (con una potencia máxima de salida 7,7 kW) es de 68,4 dB $\mu$ A/m, medido a una distancia de 10 metros.	En el manual del dispositivo TIP o en el producto de TIP, debe indicarse la siguiente consideración u otra equivalente: «Posible interferencia electromagnética perjudicial a los relojes radiocontrolados del SFPSH».
90-150 kHz	El límite de emisiones radiadas para los dispositivos TIP-VE es de 23,1 dB $\mu$ A/m, medido a una distancia de 10 metros. Debe presentarse una solicitud específica al Ministro de Asuntos Internos y Comunicaciones para cada dispositivo TIP-VE, cuyo funcionamiento estará sujeto a autorización.	

\*<sup>1)</sup> Este nivel de emisión equivale al aplicado en las «instalaciones industriales que emiten ondas radioeléctricas» en Japón.

En relación con el SFPSH, la TIP-VE debe utilizarse como sigue:

Los dispositivos TIP-VE no causarán interferencia perjudicial, de conformidad con la relación portadora/interferencia derivada de la sensibilidad mínima de los receptores de los relojes radiocontrolados en los casos de uso acordados. Como criterio de coexistencia, se aplicará una distancia de separación de 10 m. Se han considerado medidas adicionales relativas a los tiempos de funcionamiento no superpuestos entre la TIP y el reloj radiocontrolado, la variación de la dirección de propagación radioeléctrica y una posible mejora de la calidad de funcionamiento.

### Utilización de la TIP-VE

Estas estaciones del SFPSH proporcionan un valioso servicio de difusión de la hora atómica exacta y precisa en tres continentes. A menudo, se utilizan para proporcionar señales horarias precisas en observatorios astronómicos. Además de los usos científicos de estas señales, los receptores de dichas estaciones son objeto de uso doméstico con carácter generalizado.

Hoy en día, varias administraciones explotan el SFPSH en estas bandas de ondas kilométricas y podrían sufrir los efectos de las transmisiones de TIP. Las zonas de cobertura de algunas de esas transmisiones en ondas kilométricas se ilustran en las Figs. A1-2 a A1-6 *infra*. Los niveles de señal en las zonas rojas superan los 100  $\mu\text{V}/\text{m}$ . En dichas zonas rojas, decenas de millones de dispositivos utilizan esas transmisiones para medir el tiempo, incluidos relojes radiocontrolados, relojes de pulsera y otros dispositivos, muchos de los cuales buscan la trazabilidad a la hora legal.

FIGURA A1-2  
Estación radioeléctrica DCF77 operativa a 77,5 kHz

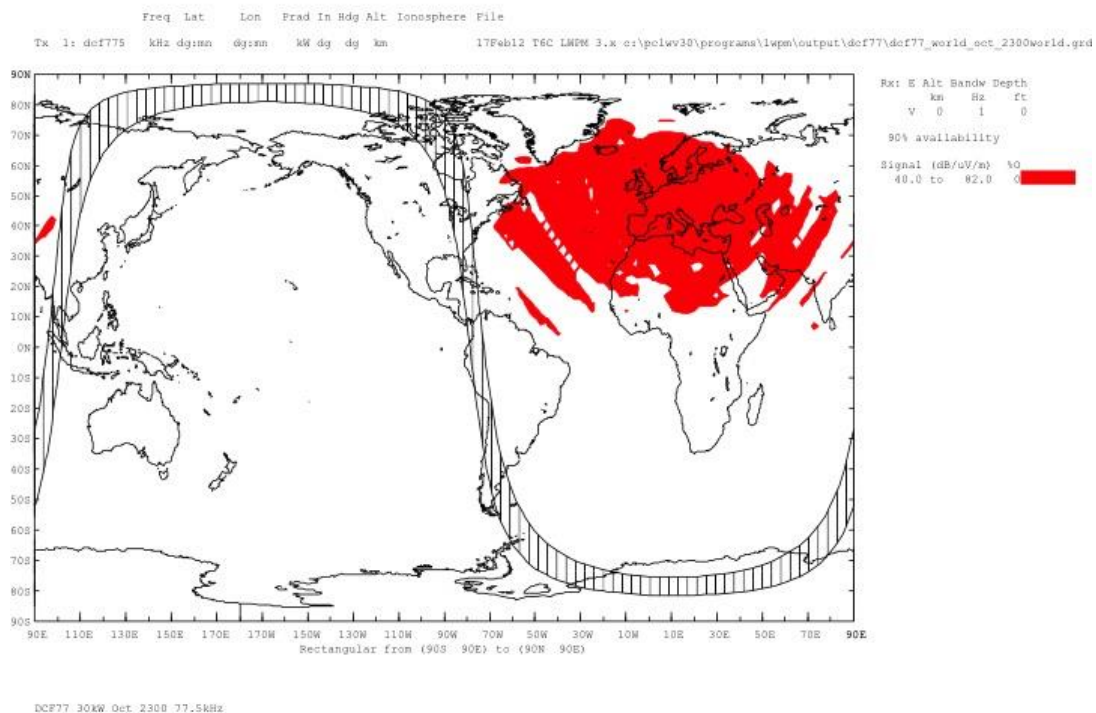


FIGURA A1-3  
Estación radioeléctrica JJY operativa a 40 kHz

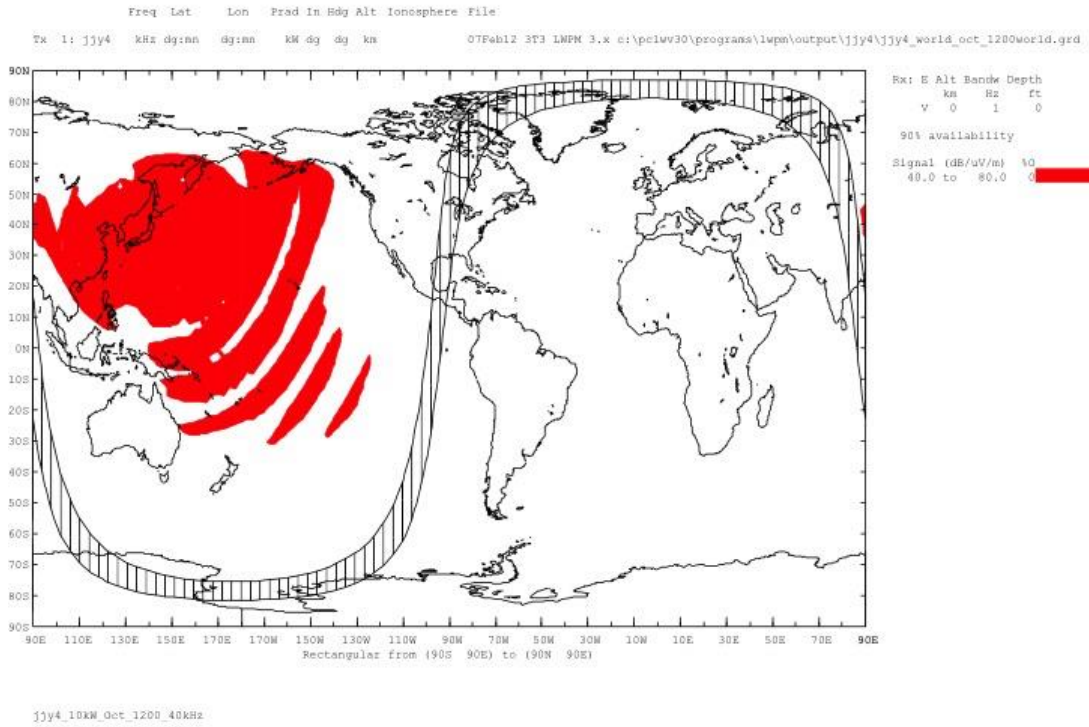


FIGURA A1-4  
Estación radioeléctrica JJY operativa a 60 kHz

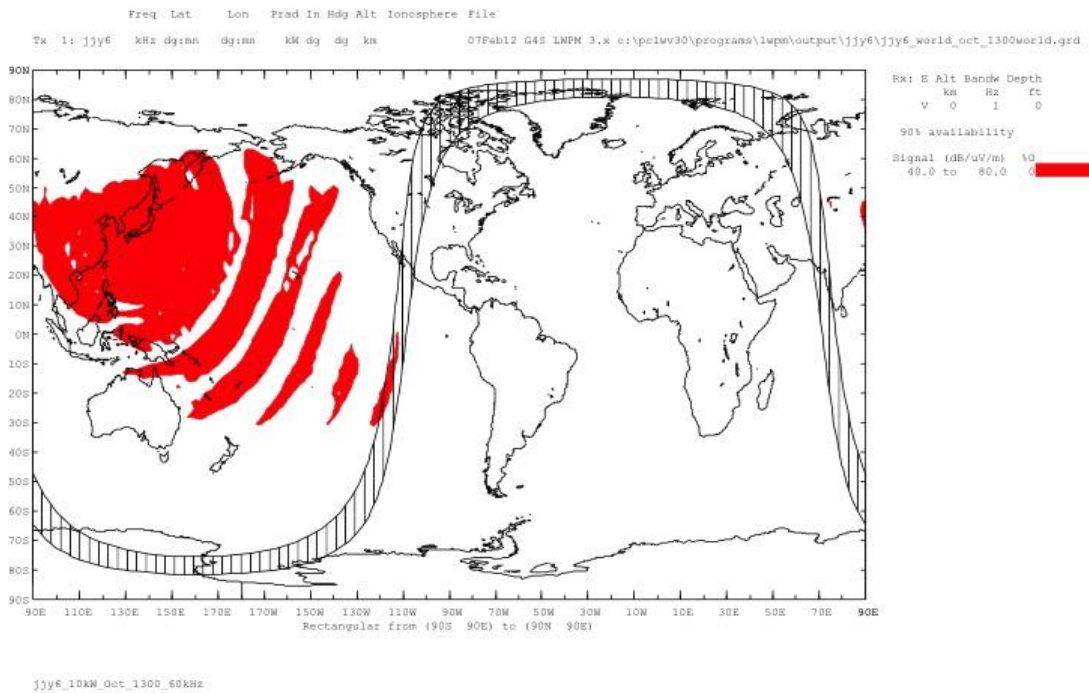


FIGURA A1-5  
Estación radioeléctrica MSF operativa a 60 kHz

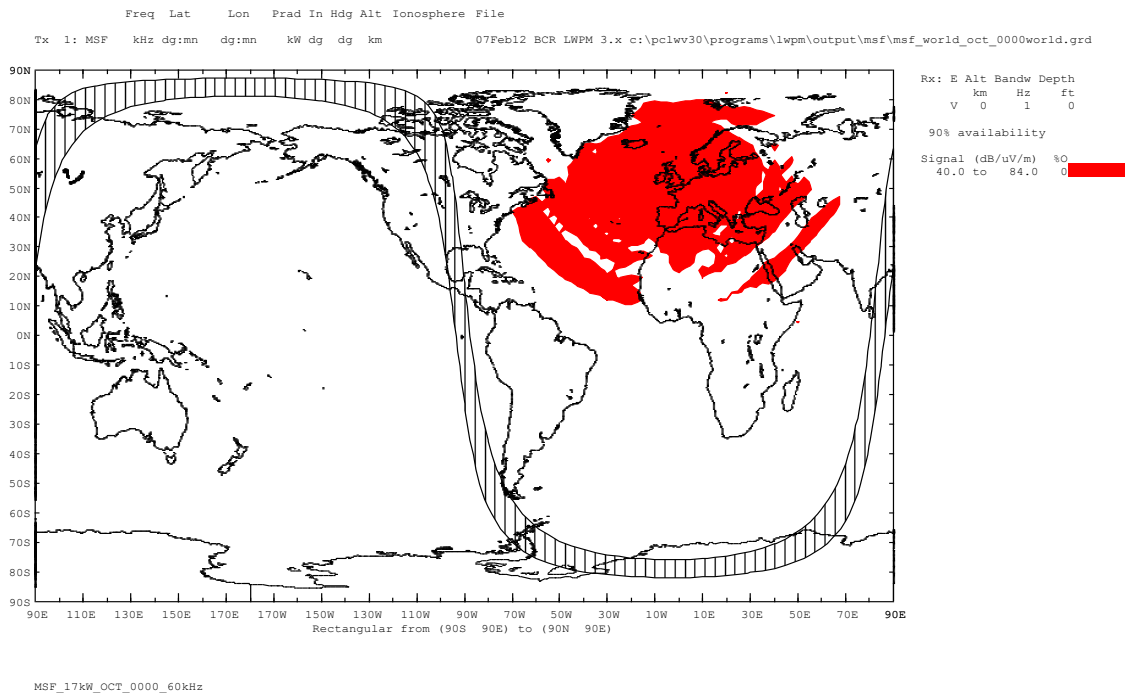
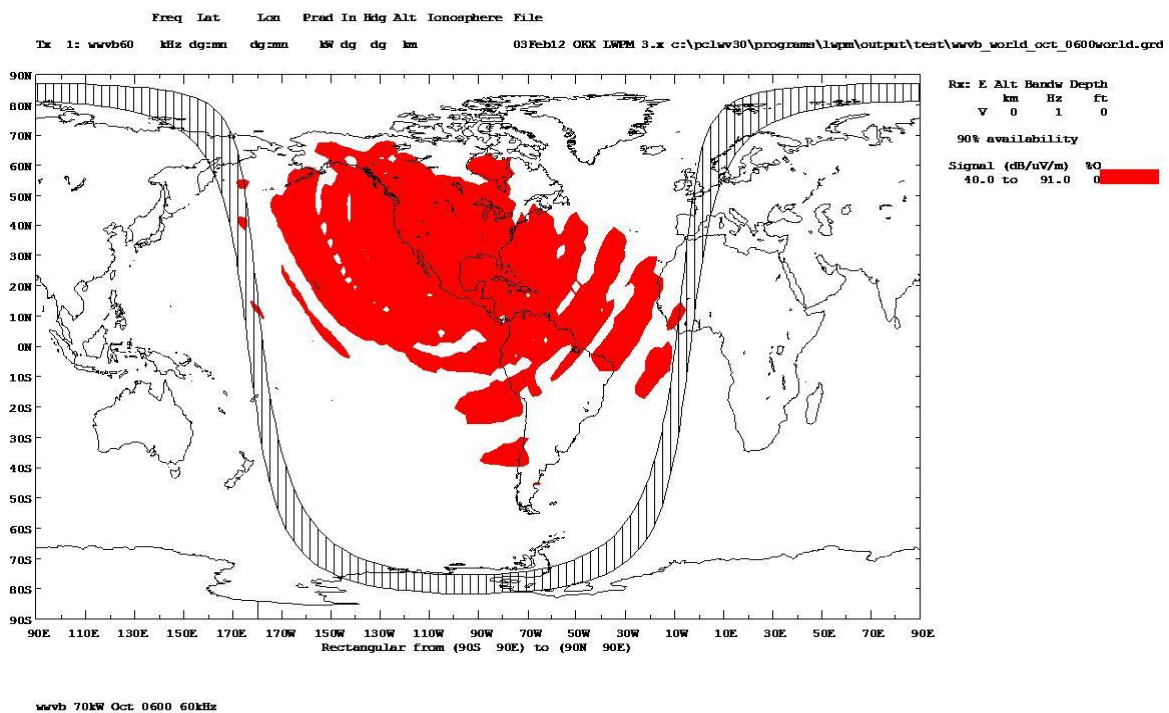


FIGURA A1-6  
Estación radioeléctrica WWVB operativa a 60 kHz



#### A1.4 Servicio de radiodifusión sonora

Cabe prever que la TIP-VE produzca armónicos en las bandas de frecuencias 148,5-283,5 kHz, 525-1 705 kHz y 2 300-26 100 kHz, y pueda causar interferencia a la recepción de radiodifusión sonora en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas. Los siguientes productos de la UIT-R (Recomendaciones, Informes y acuerdos de planificación) revisten interés para los estudios de los efectos.

## CUADRO A1-9

## Características técnicas del servicio de radiodifusión sonora

Bandas de frecuencias	Documento	Título	Secciones pertinentes
LF MF HF	UIT-R BS.703	Características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de amplitud para fines de planificación	Todas
LF MF HF	UIT-R BS.560	Relaciones de protección en radiofrecuencia para la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas	Todas
Todas	UIT-R BS./BT.1895	Criterios de protección para los sistemas de radiodifusión terrenal	Todas
	UIT-R BS.216-2	Relación de protección para la radiodifusión sonora en la zona tropical	Todas
LF MF	UIT-R BS.415-2	Especificaciones mínimas de los receptores de radiodifusión sonora de precio módico	2 y 3
LF MF HF	UIT-R BS.559-2	Medición objetiva de las relaciones de protección en radiofrecuencia en las bandas de radiodifusión por ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas	Todas
MF	UIT-R BS.598-1	Factores que influyen en los límites de la zona de cobertura en radiodifusión sonora con modulación de amplitud en la banda 6 (ondas hectométricas)	Todas
Todas	UIT-R P.372-13	Ruido radioeléctrico	
Todas	UIT-R SM.2303	Transmisión inalámbrica de potencia mediante tecnologías distintas de las de haces radioeléctricos	§ 7.2.1 y Anexo 6
LF MF	Acuerdo GE75	Plan de asignación de frecuencias para la radiodifusión en ondas hectométricas en las Regiones 1 y 3 y en ondas kilométricas en la Región 1 (Ginebra, 1975)	Todas
MF	Acuerdo RJ81	Plan de asignación de frecuencias para la radiodifusión en ondas hectométricas en la Región 2 (Río de Janeiro, 1981)	Todas
MF	Acuerdo RJ88	Plan de asignación de frecuencias para la radiodifusión en ondas hectométricas en la Región 2 (Río de Janeiro, 1988)	Todas

En el Anexo 8 se proporciona más información sobre la situación actual de los transmisores de radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas.

Los criterios de protección aplicables a los servicios de radiodifusión sonora en las bandas de ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas se indican en el Cuadro 7 (funcionamiento fuera de la trama) y en el Cuadro 8 (funcionamiento dentro de la trama) del § 4.4.

### A1.5 Servicio de meteorología

La TIP-VE podría afectar a las redes de detección de rayos operativas en la gama de frecuencias 20-350 kHz, a las que es necesario proteger.

## Anexo 2

### Ejemplos de niveles de emisión de TIP-VE

El presente anexo contiene información detallada sobre los niveles de emisión medidos, por ejemplo, en relación con los sistemas TIP-VE utilizados en algunos de los estudios relativos a los efectos, y comprende una muestra de equipos muy limitada. Cabe señalar que algunos de estos equipos pueden ser equipos de reproducción.

#### A2.1 TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz

Las mediciones se realizaron a partir de un sistema TIP-VE para autobuses en la ciudad de Gumi (Corea). Dicho sistema funcionaba con su frecuencia fundamental en la gama 19-21 kHz y tenía un tercer armónico en la gama de frecuencias 55-65 kHz, que se utilizaba en el marco de la transferencia de potencia. Los detalles de las mediciones de las emisiones figuran en el Cuadro A2-1.

CUADRO A2-1

#### Niveles de emisión medidos de un sistema TIP-VE para autobuses a 100 kW utilizado en estudios relativos a los efectos

Servicios y sistemas de radiocomunicaciones	Bandas de frecuencias	Resultados de las pruebas (dB $\mu$ A/m) a 10 m	
Frecuencias patrón y señales horarias	19,95-20,05 kHz (20 kHz, mundial)	85,30 (20,28 kHz)	
	39-41 kHz (40 kHz, Japón)	22,02 (39,31 kHz)	
	49,25-50,75 kHz (50 kHz, Rusia)	17,29 (49,66 kHz)	
	59-61 kHz (60 kHz, Reino Unido, EE.UU. y Japón)	34,18 (60,23 kHz)	
	65,85-67,35 kHz (66,6 kHz, Rusia)	21,88 (65,87 kHz)	
	68,25-68,75 kHz (68,5 kHz, China)	21,55 (68,69 kHz)	
	77,25-77,75 kHz (77,5 kHz, Alemania)	19,45 (77,62 kHz)	
	99,75-102,5 kHz (100 kHz, China)	26,73 (100,2 kHz)	
	157,5-166,5 kHz (162 kHz, Francia)	-5,8 (166 kHz)	
Control de ondulación	128,6-129,6 kHz (129,1 kHz, Europa)	9,554 (129,3 kHz)	
	138,5-139,5 kHz (139 kHz, Europa)	6,886 (138,7 kHz)	
Sistemas de alarma automática para la protección ferroviaria	Sistemas de detención automática de trenes	10-250 kHz (Japón)	85,30 (20,28 kHz)
		425-524 kHz (Japón)	-10,1 (441 kHz)
	Sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias	100-250 kHz (Japón)	26,73 (100,2 kHz)
		80 kHz, 92 kHz (Japón, solo una ruta)	15,8 (79,97 kHz) 14,77 (92,19 kHz)
Radioaficionados	135,7-137,8 kHz	4,659 (136,6 kHz)	
	472-479 kHz	-10,6 (476 kHz)	



CUADRO A2-1 (*fin*)

Servicios y sistemas de radiocomunicaciones	Bandas de frecuencias	Resultados de las pruebas (dB $\mu$ A/m) a 10 m
Radiocomunicaciones marítimas	90-110 kHz (LORAN)	26,73 (100,2 kHz)
	424 kHz, 490 kHz, 518 kHz (NAVTEX)	-10,7 (423 kHz) -10,8 (488 kHz) -11,3 (518 kHz)
	495-505 kHz (NAVDAT)	-11,5 (500 kHz)
Radiodifusión AM	148,5-283,5 kHz (Región 1)	-5 (148,5 kHz)
	525-526,5 kHz (Región 2)	-11 (525-526,5 kHz)
	526,5-1 606,5 kHz (mundial)	-10,1 (548 kHz)
	1 605,5-1 705 kHz (Región 2)	-13,2 (1 646 kHz)

### A2.2 TIP-VE a 79-90 kHz

Entre 2011 y 2014, se midieron las emisiones radiadas de un sistema TIP-VE operativo en la banda de 85 kHz. Los detalles del equipo de TIP, el método de medición y los datos medidos se describen en el Anexo 3 al Informe UIT-R SM.2303. En el Cuadro A2-2 se muestran los niveles de emisión medidos del sistema TIP-VE operativo en la banda de 85 kHz y se describe el nivel de emisión radiada en cada gama de frecuencias de los servicios y sistemas de radiocomunicaciones conexos. En algunas de esas gamas de frecuencias, los niveles de emisión radiada son inferiores al nivel de ruido del receptor de medición en que se establece el ancho de banda de resolución normalizada, que no representa el umbral de ruido.

Las emisiones medidas del sistema TIP operativo a 85 kHz se describen en las Figs. A2-2 y A2-3. La Fig. A2-1 ilustra la configuración de las bobinas de transmisión y recepción del sistema TIP. Los datos recogidos en el Cuadro A2-2 y las Figs. A2-2 y A2-3 se basan en un equipo de TIP distinto del medido en el Anexo 3 al Informe UIT-R SM.2303. El nivel de emisión radiada no esencial en la Región es de -40 dB o inferior al nivel de emisión de la frecuencia de TIP.

## CUADRO A2-2

**Niveles de emisión medidos de un sistema TIP-VE a 3 kW  
operativo en la banda de 85 kHz**

Servicios y sistemas de radiocomunicaciones		Bandas de frecuencias	Resultados de las pruebas (dBμA/m) a 10 m
Frecuencias patrón y señales horarias		19,95-20,05 kHz (20 kHz, mundial) 39-41 kHz (40 kHz, Japón) 49,25-50,75 kHz (50 kHz, Rusia) 59-61 kHz (60 kHz, Reino Unido, EE.UU. y Japón) 65,85-67,35 kHz (66,6 kHz, Rusia) 68,25-68,75 kHz (68,5 kHz, China) 77,25-77,75 kHz (77,5 kHz, Alemania) 99,75-102,5 kHz (100 kHz, China) 157,5-166,5 kHz (162 kHz, Francia)	Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -15) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -23) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -25) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -27) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -27) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -25) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -30) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -33) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -18)
Control de ondulación		128,6-129,6 kHz (129,1 kHz, Europa) 138,5-139,5 kHz (139 kHz, Europa)	Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -33) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -34)
Sistemas de alarma automática para la protección ferroviaria	Sistemas de detención automática de trenes	10-250 kHz (Japón)	71,3 (85,1 kHz; frecuencia de TIP) 14,4 (176,2 kHz; 2º armónico) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (otra banda de frecuencias)
	Sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias	100-250 kHz (Japón)	14,4 (176,2 kHz; 2º armónico)
		80 kHz, 92 kHz (Japón, solo un trayecto)	71,3 (85,1 kHz; frecuencia de TIP)
Radioaficionados		135,7-137,8 kHz	Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -33)
		472-479 kHz	Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -28)

CUADRO A2-2 (fin)

Servicios y sistemas de radiocomunicaciones	Bandas de frecuencias	Resultados de las pruebas (dBμA/m) a 10 m
Radiocomunicaciones marítimas	90-110 kHz (LORAN)	Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -33)
	424 kHz, 490 kHz, 518 kHz (NAVTEX)	-11,8 (425,5 kHz; 5° armónico) Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (otra banda de frecuencias)
	495-505 kHz (NAVDAT)	Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (< -28)
Radiodifusión AM	148,5-283,5 kHz (Región 1) 525-526,5 kHz (Región 2) 526,5-1 606,5 kHz (mundial) 1 605,5-1 705 kHz (Región 2)	14,4 (176,2 kHz; 2° armónico) -15,6 (595,7 kHz; 7° armónico) * No se pueden detectar más de 8 armónicos. Valor inferior al nivel de ruido del receptor de medición (otra banda de frecuencias)

FIGURA A2-1

Configuración de las bobinas de transmisión y recepción del sistema TIP

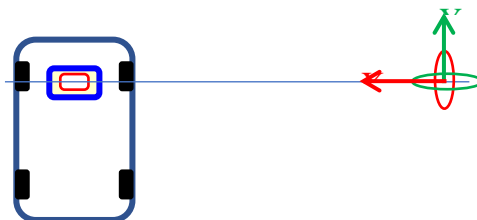


FIGURA A2-2

Emisión medida de un sistema TIP operativo a 85 kHz (dirección de la antena de bucle: X)

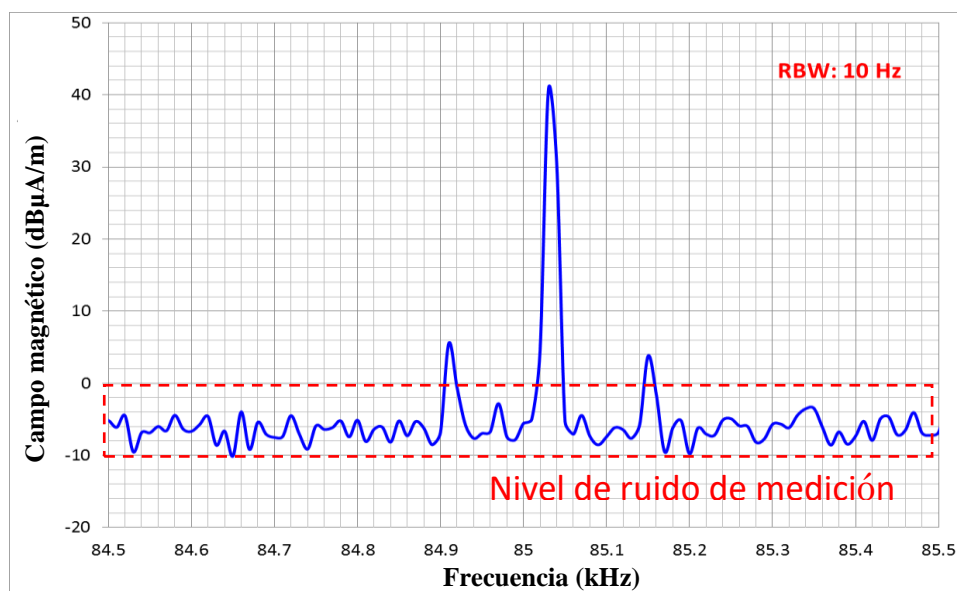
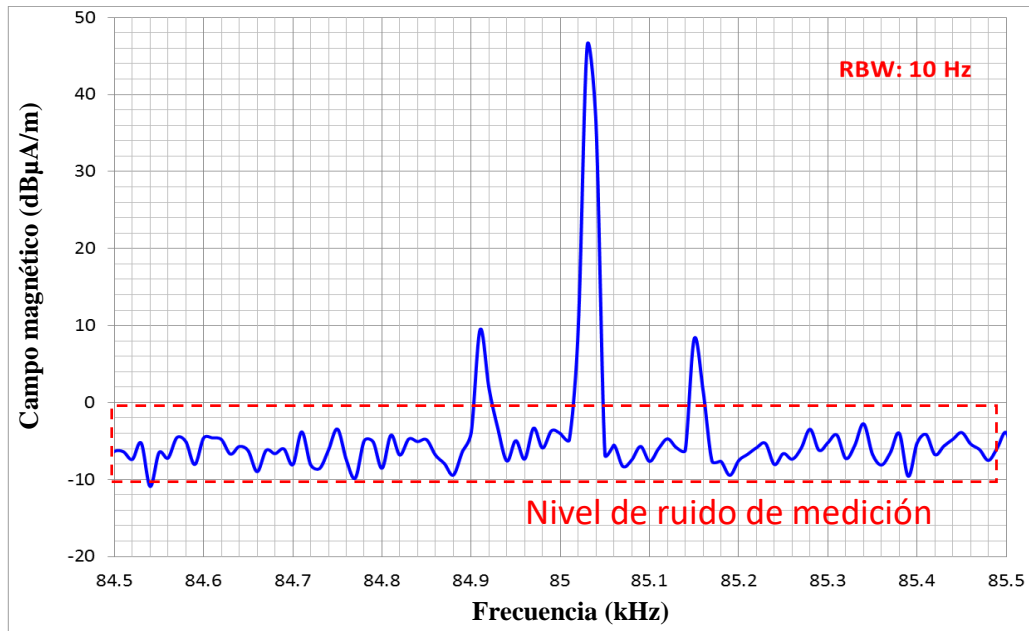


FIGURA A2-3

Emisión medida de un sistema TIP operativo a 85 kHz (dirección de la antena de bucle: Y)



### Anexo 3

#### Límites de emisión propuestos para la TIP-VE por diversas organizaciones de normalización

##### A3.1 Anteproyecto de límites del CISPR

Durante el año 2017, el Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR) trabajó en la definición de límites de emisiones radiadas aplicables a la TIP-VE en el marco del subcomité CISPR/B. Esta labor condujo al examen de las enmiendas a la 6ª edición de la norma CISPR 11, que figuran en el proyecto de documento para votación CISPR/B687/CDV: «Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement – Requirements for air-gap wireless power transfer (TIP)». La enmienda no pasó la votación y fue rechazada en diciembre de 2017. Actualmente, se está examinando una nueva enmienda a la norma CISPR 11. El proyecto de documento del Comité se elaboró en la reunión del Grupo *ad hoc* 4 celebrada en abril de 2019 y se distribuirá como CDV en la primavera de 2019. El resultado de la votación se comunicará a finales de 2019. A continuación se enumeran las modificaciones a los límites de la norma CISPR/B/710/CD:

- Se establece una distancia de medición de tan solo 10 m con respecto al equipo objeto de prueba, a fin de mantener una gama dinámica de medición más amplia y evitar toda inconsistencia dimanante de la medición en la gama de transición entre el campo lejano y el campo cercano.
- Las clases de subpotencia para la Clase B se simplifican a «( $\leq 1$  kW)» y «( $> 1$  kW)», y los valores límite de las frecuencias fundamentales para la subclase de TIP  $> 1$  kW en la gama 79-90 kHz se limitan a 67,8 dB $\mu$ A/m.

- Los valores límite de las gamas de armónicos se reconsideran, evaluando el cálculo mediante la aplicación de la especificación CISPR TR16-4-4 como sigue:
- 150 kHz – 5,62 MHz: 14,5 dB $\mu$ A/m, disminuyendo linealmente con el logaritmo de frecuencia hasta –10 dB $\mu$ A/m;
  - 5,62-30 MHz: –10 dB $\mu$ A/m.

Los límites objeto de examen en el marco del CISPR/B en el momento en que se publicó este Informe de la UIT se han utilizado en algunos estudios relativos a los efectos y figuran en los Cuadros A3-1 y A3-2.

CUADRO A3-1

**Límites de perturbación electromagnética radiada medida en un emplazamiento de prueba para equipos de TIP-VE del grupo 2 (clase B)**

Gama de frecuencias (kHz)	Límites para una distancia de medición $D = 10$ m	
	Clase B ( $\leq 1$ kW) <sup>a</sup>	Clase B ( $> 1$ kW) <sup>a</sup>
	Valor de cuasi cresta del campo magnético (dB( $\mu$ A/m))	Valor de cuasi cresta del campo magnético (dB( $\mu$ A/m))
9-19	27-23,8	27-23,8
19-25	57	72
25-36	22,6-21,1	22,6-21,1
36-40 <sup>b</sup>	56,2	71,2
40-55	20,6-19,3	20,6-19,3
55-65 <sup>b</sup>	54,4	69,4
65-79	18,6-17,7	18,6-17,7
79-90	52,8	67,8 <sup>c</sup>
90-150	17,2-15	17,2-15

En la frecuencia de transición, debe aplicarse el límite más restrictivo. Cuando el límite varía con la frecuencia, disminuye linealmente con el logaritmo de la frecuencia creciente.

En un emplazamiento de prueba, los equipos de clase B deberían medirse a una distancia nominal de 10 m. Las autoridades nacionales pueden exigir una disminución adicional de las emisiones en bandas de frecuencias específicas utilizadas por servicios radioeléctricos sensibles en instalaciones definidas, por ejemplo, imponiendo los límites del Cuadro E.2.

<sup>a</sup> La selección del conjunto adecuado de límites debe realizarse en base a la potencia de corriente alterna indicada por el fabricante.

<sup>b</sup> En algunos países, estas bandas no están disponibles.

<sup>c</sup> Los sistemas TIP con una potencia de corriente alterna nominal  $> 3,6$  kW, que no cumplan el límite aplicable a la potencia de corriente alterna nominal de  $> 1$  kW especificado en este cuadro, deberán observar al menos el límite ampliado en 15 dB. En este caso, la documentación y las instrucciones destinadas a los usuarios que acompañan al equipo deberán contener el siguiente aviso:

Aviso: Este equipo no ha sido concebido para su uso en entornos en los que otros dispositivos sensibles y/o dispositivos de radiocomunicaciones, como dispositivos de corto alcance (SRD), utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de señalización ferroviaria, se atribuyan y exploten a una distancia inferior a 10 m del equipo en cuestión. En tales circunstancias, es posible que este no proporcione una protección adecuada a la recepción radioeléctrica.

CUADRO A3-2

**Límites de perturbación electromagnética radiada medida en un emplazamiento de prueba para equipos de TIP del grupo 2 (clase B)**

Gama de frecuencias (MHz)	Límites para una distancia de medición D = 10 m	
	Campo magnético	
	Valor de cuasi cresta (dB(μA/m))	
0,15-5,62	14,5 disminución lineal con el logaritmo de frecuencia hasta -10	
5,62-30	-10	

## Anexo 4

### Estudios de los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias

#### A4.1 Estudio de los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias a 60 kHz

El presente anexo contiene un estudio relativo a los efectos de la TIP-VE sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias (SFPSH) a 60 kHz, centrado en los sistemas TIP-VE que funcionan en la gama de frecuencias 55-65 kHz.

##### A4.1.1 Criterios básicos de protección del SFPSH

En este estudio se aplica el valor de intensidad de campo mínima utilizable que figura en el Anexo 1, esto es 100 μV/m (40 dBμV/m). En el Cuadro A4-1 se indican los valores de intensidad de campo eléctrico y magnético mínimas utilizables. Cabe señalar que estos valores, si bien pertenecen al campo lejano de las transmisiones de FPSH, suelen formar enmarcarse en el campo cercano de las fuentes de TIP, ya que la longitud de onda en la frecuencia fundamental de 60 kHz es de 5 000 m.

CUADRO A4-1

#### Intensidad de campo lejano mínima utilizable básica del SFPSH

	Intensidad de campo mínima utilizable
Intensidad de campo eléctrico (dBμV/m)	40
Intensidad de campo magnético (dBμA/m)	-11,50

#### A4.1.1.1 Criterios de protección aplicables al SFPSH

Los criterios de protección aplicables al SFPSH figuran en el Anexo 1, que incluye una relación de protección de +25 dB y la curva de selectividad del receptor.

Se realizaron mediciones en el Reino Unido utilizando un receptor de FPSH a 60 kHz, con objeto de verificar una serie de supuestos teóricos previos sobre los requisitos de protección del SFPSH. De acuerdo con dichas mediciones, se decidió aplicar un criterio de protección de +24 dB en este estudio (véase el Cuadro A4-2), observando que este valor es 1 dB más flexible que los criterios de protección previstos en el Anexo 1.

CUADRO A4-2

#### Criterios de protección en la misma frecuencia del SFPSH utilizados en este estudio<sup>3</sup>

	Relación de protección	Máxima señal interferente permitida en el campo cercano o campo lejano (campo E)	Máxima señal interferente permitida en el campo cercano o campo lejano (campo H)
Criterios de protección utilizados en este estudio	24 dB	16 dB $\mu$ V/m	-35,5 dB $\mu$ A/m

CUADRO A4-3

#### Criterios de protección en frecuencias adyacentes para el SFPSH

Separación/ desplazamiento de frecuencias (kHz)	Selectividad relativa (dB)	Criterios de protección basados en mediciones		
		Relación de protección básica del SFPSH (dB)	Máxima señal interferente permitida (dB $\mu$ V/m) en el receptor de FPSH	Máxima señal interferente permitida (dB $\mu$ A/m) en el receptor de FPSH
<b>Criterios de protección para la modulación de manipulación conexión/desconexión del 100%</b>				
-10	-51,1	-27,1	67,1	15,6
-9	-50,1	-26,1	66,1	14,6
-8	-48,99	-24,99	64,99	13,49
-7	-47,74	-23,74	63,74	12,24
-6	-46,33	-22,33	62,33	10,83
-5	-44,68	-20,68	60,68	9,18
-4	-42,69	-18,69	58,69	7,19
-3	-40,17	-16,17	56,17	4,67
-2	-36,74	-12,74	52,74	1,24
-1	-31,45	-7,45	47,45	-4,05

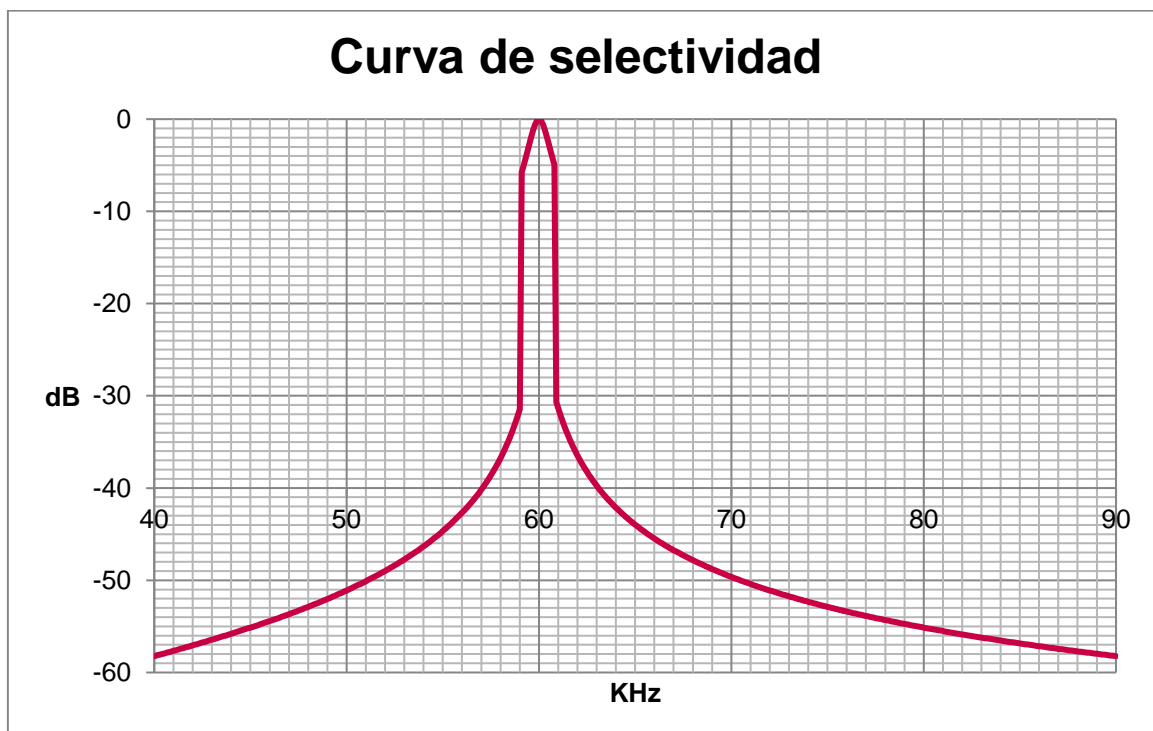
<sup>3</sup> Cabe señalar que 60 kHz corresponde a una longitud de onda de señal de RF de 5 000 m.

CUADRO A4-3 (*fin*)

Separación/ desplazamiento de frecuencias (kHz)	Selectividad relativa (dB)	Criterios de protección basados en mediciones		
		Relación de protección básica del SFPSH (dB)	Máxima señal interferente permitida (dB $\mu$ V/m) en el receptor de FPSH	Máxima señal interferente permitida (dB $\mu$ A/m) en el receptor de FPSH
<b>Criterios de protección para la modulación de manipulación conexión/desconexión del 100%</b>				
1	-31,34	-7,34	47,34	-4,16
2	-36,47	-12,47	52,47	0,97
3	-39,75	-15,75	55,75	4,25
4	-42,12	-18,12	58,12	6,62
5	-43,96	-19,96	59,96	8,46
6	-45,46	-21,46	61,46	9,96
7	-46,73	-22,73	62,73	11,23
8	-47,82	-23,82	63,82	12,32
9	-48,78	-24,78	64,78	13,28
10	-49,64	-25,64	65,64	14,14

La selectividad del receptor de FPSH viene determinada por la antena de varilla de ferrita (valor Q) y el filtro de cristal de banda estrecha. Si el filtro de cristal se coloca después del primer preamplificador, las señales especialmente fuertes pueden sobrecargar dicho preamplificador. Sin embargo, en este estudio no se considera la sobrecarga, sino únicamente la selectividad general.

FIGURA A4-1  
Curva de selectividad del receptor de FPSH





### A4.1.2 Ruido de fondo

La Recomendación UIT-R P.372-13 proporciona información de referencia sobre el ruido radioeléctrico. Normalmente, en el caso más desfavorable, el ruido atmosférico predomina y guarda una estrecha relación con fenómenos tales como las tormentas eléctricas y/o los rayos, por lo que, a escala mundial, los niveles medios pueden ser significativamente más bajos en una zonas geográficas que en otras. El Reino Unido se halla en una zona templada y su nivel de actividad de tormentas eléctricas se mantiene relativamente bajo durante todo el año.

El nivel previsto en la Recomendación UIT-R P.372 para la señal de ruido de fondo durante el 99,5% del tiempo es de unos  $-13 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  ( $-64 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ), valor que dista notablemente de los niveles de señal interferente máxima permitida incluidos en los criterios de protección. De esta forma, los usuarios de la señal disponen de un buen margen para instalar los receptores con un cierto grado de tolerancia a las pérdidas debidas al acoplamiento de orientación y a la penetración en edificios, y los fabricantes pueden aplicar técnicas rentables en sus diseños.

### A4.1.3 Hipótesis de utilización de la TIP-VE a 55-65 kHz

El uso de la gama de frecuencias 55-65 kHz (junto con la gama 19-21 kHz como tercer armónico) se reserva a vehículos pesados, camiones y autobuses. Cabe prever que las estaciones de carga de TIP-VE se instalen en depósitos y, en el futuro, puedan instalarse en semáforos y paradas de autobús. El uso de la TIP-VE en carreteras dinámicas se ha destacado como posible hipótesis de utilización, pero no se ha analizado. Volviendo al ejemplo del centro y las afueras de Londres, es probable que los sistemas TIP-VE se utilicen cerca de otros sistemas del SFPSH. Se estima que las distancias de separación entre los receptores de TIP-VE y los del SFPSH oscilarán entre 10 y 20 m para la TIP-VE en la vía pública y entre 20 y 50 m para la TIP-VE en depósitos. La TIP-VE también tendrá un ciclo de trabajo elevado del 100% durante la actividad de carga, lo que significa que la TIP-VE no debe causar interferencia en esta distancias. Las hipótesis se muestran en el Cuadro A4-4.

CUADRO A4-4

#### Hipótesis de utilización y distancias de separación para la TIP-VE a 55-65 kHz

Hipótesis de utilización	Distancia de separación respecto de los receptores del SFPSH
TIP-VE en la vía pública para vehículos pesados (por ejemplo, paradas de autobús)	10-20 metros
TIP-VE en depósitos para vehículos pesados (por ejemplo, terminales/depósitos de autobuses)	20-50 metros

### A4.1.4 Análisis de los efectos de la TIP-VE a 55-65 kHz sobre la recepción del servicio de frecuencias patrón y de señales horarias

En este análisis de los efectos se abordan tanto la distancia como las separaciones entre las frecuencias necesarias entre la TIP-VE y el SFPSH, a fin de evitar interferencias perjudiciales. En el análisis se utilizan las mediciones del Anexo 2 y los límites propuestos por la norma CISPR 11 del Anexo 3. Cabe señalar que las mediciones se refieren a un tipo específico de sistema TIP-VE en una frecuencia determinada, que puede no ser representativo o característico de todos los sistemas TIP-VE operativos en la banda. En este análisis se asume la aplicación del mismo nivel medido a diferentes desplazamientos de frecuencias. Obsérvese asimismo que se han proporcionado diferentes mediciones relativas a sistemas TIP-VE que muestran niveles de intensidad de campo más elevados

que los utilizados en este estudio. El estudio también supone que la TIP-VE no comprende emisiones no deseadas. No obstante, las mediciones proporcionadas apuntan a la existencia de emisiones no deseadas y bandas laterales. En casos como este último, se requerirían desplazamientos de frecuencia y distancias de separación mayores que las calculadas en este análisis.

En este análisis se aplican los criterios de protección incluidos en los Cuadros A4-2 y A4-3 para calcular los desplazamientos de frecuencia y las distancias de separación. El cálculo de los desplazamientos de frecuencia se ha llevado a cabo en el extremo de la zona de la emisión de TIP-VE y el ancho de banda del receptor del SFPSH. Los resultados de este análisis se exponen a continuación.

CUADRO A4-5

**Límites y valores medidos utilizados en el análisis**

<b>Límite propuesto por el CISPR a 10 m</b>	<b>Nivel medido de un sistema de TIP-VE a 10 m</b>
84,4 dB $\mu$ A/m	34,18 dB $\mu$ A/m

**A4.1.4.1 Análisis de los efectos de los límites propuestos por el CISPR para la TIP-VE a 55-65 kHz sobre el SFPSH**

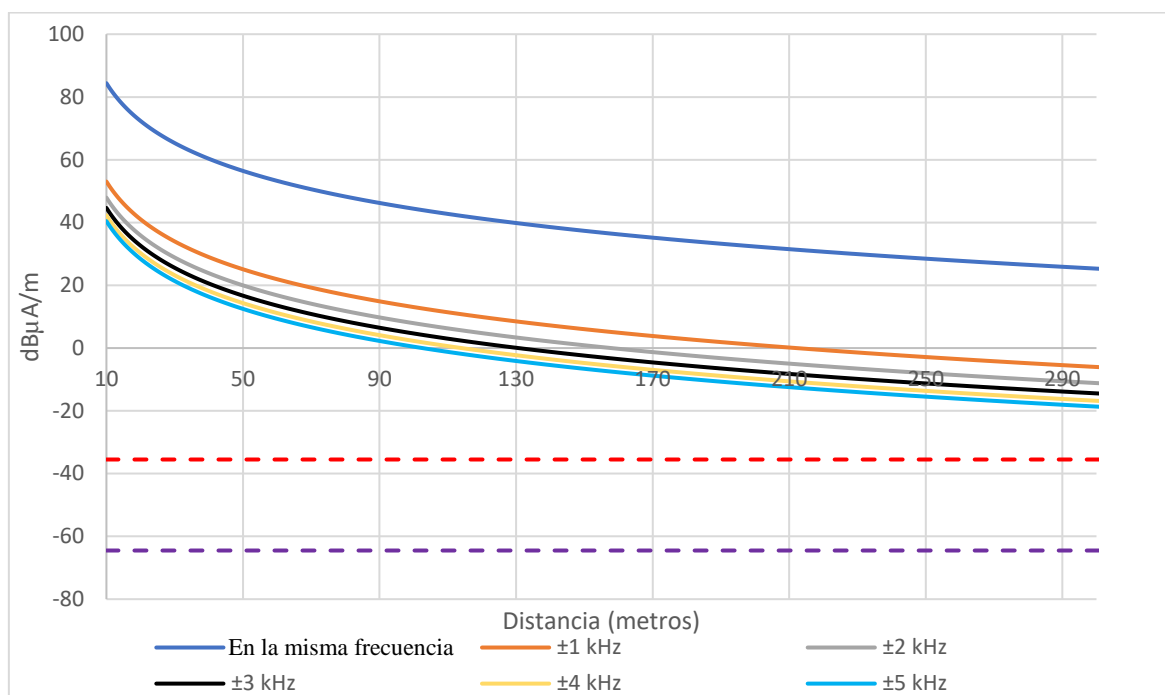
CUADRO A4-6

**Análisis de las distancias de separación física y entre las frecuencias en los límites propuestos por el CISPR para la TIP-VE a 55-65 kHz**

Desplazamiento de frecuencia (kHz)	Máxima señal interferente permitida en el receptor del SFPSH (dB $\mu$ A/m)	10 m de separación		20 m de separación		50 m de separación	
		Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)
-5	9,18	84,40	-75,22	72,36	-63,18	56,44	-47,26
-4	7,19	84,40	-77,21	72,36	-65,17	56,44	-49,25
-3	4,67	84,40	-79,73	72,36	-67,69	56,44	-51,77
-2	1,24	84,40	-83,16	72,36	-71,12	56,44	-55,20
-1	-4,05	84,40	-88,45	72,36	-76,41	56,44	-60,49
En la misma frecuencia	-35,50	84,40	-119,90	72,36	-107,86	56,44	-91,94
1	-4,16	84,40	-88,56	72,36	-76,52	56,44	-60,60
2	0,97	84,40	-83,43	72,36	-71,39	56,44	-55,47
3	4,25	84,40	-80,15	72,36	-68,11	56,44	-52,19
4	6,62	84,40	-77,78	72,36	-65,74	56,44	-49,82
5	8,46	84,40	-75,94	72,36	-63,90	56,44	-47,98

FIGURA A4-2

Análisis de las distancias de separación física y entre las frecuencias en los límites propuestos por el CISPR para la TIP-VE a 60 kHz



El análisis muestra que los sistemas del SFPSH a 60 kHz recibirán interferencias perjudiciales de los sistemas TIP-VE operativos de conformidad con los límites propuestos por el CISPR a 55-65 kHz en todas las distancias de separación física y entre las frecuencias analizadas. En las hipótesis de utilización de la TIP-VE tanto en la vía pública como en depósitos (véase el Cuadro A4-4), todas las distancias de separación física y entre las frecuencias muestran un amplio margen negativo.

**A4.1.4.2 Análisis de los efectos de un sistema medido de TIP-VE a 55-65 kHz sobre el SFPSH**

En este análisis se utilizan los resultados de las mediciones que figuran actualmente en el Anexo 2. Las limitaciones de dichas mediciones, mencionadas en el § A4.4, también se aplican en este análisis.

CUADRO A4-7

Análisis de las distancias de separación física y entre las frecuencias en un sistema medido de TIP-VE a 55-65 kHz

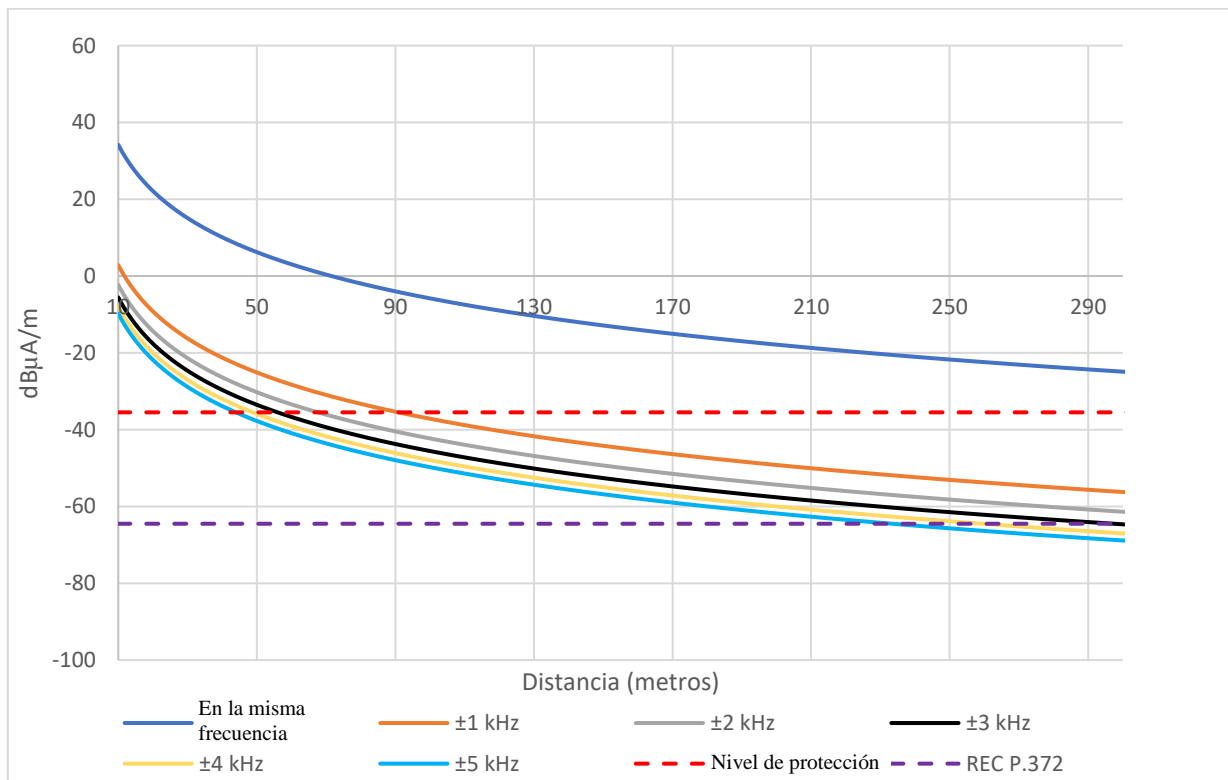
Desplazamiento de frecuencia (kHz)	Máxima señal interferente permitida en el receptor del SFPSH (dBµA/m)	10 m de separación		20 m de separación		50 m de separación	
		Intensidad de campo de la TIP-VE (dBµA/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo de la TIP-VE (dBµA/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo de la TIP-VE (dBµA/m)	Margen (dB)
-5	9,18	34,18	-25	22,14	-12,96	6,22	2,96
-4	7,19	34,18	-26,99	22,14	-14,95	6,22	0,97
-3	4,67	34,18	-29,51	22,14	-17,47	6,22	-1,55
-2	1,24	34,18	-32,94	22,14	-20,90	6,22	-4,98
-1	-4,05	34,18	-38,23	22,14	-26,19	6,22	-10,27
En la misma frecuencia	-35,5	34,18	-69,68	22,14	-57,64	6,22	-41,72

CUADRO A4-7 (fin)

Desplazamiento de frecuencia (kHz)	Máxima señal interferente permitida en el receptor del SFPSH (dB $\mu$ A/m)	10 m de separación		20 m de separación		50 m de separación	
		Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)
+1	-4,16	34,18	-38,34	22,14	-26,30	6,22	-10,38
+2	0,97	34,18	-33,21	22,14	-21,17	6,22	-5,25
+3	4,25	34,18	-29,93	22,14	-17,89	6,22	-1,97
+4	6,62	34,18	-27,56	22,14	-15,52	6,22	0,40
+5	8,46	34,18	-25,72	22,14	-13,68	6,22	2,24

FIGURA A4-3

Análisis de las distancias de separación física y entre las frecuencias en un sistema medido de TIP-VE respecto de un sistema del SFPSH a 60 kHz



El análisis muestra que los sistemas del SFPSH a 60 kHz recibirán interferencias perjudiciales de los sistemas TIP-VE medidos que funcionan en la gama de frecuencias 55-65 kHz en el marco de la hipótesis de utilización en la vía pública (véase el Cuadro A4-4). Todas las distancias de separación física y entre las frecuencias muestran un amplio margen negativo. En el marco de la hipótesis de utilización de la TIP-VE en depósitos, la coexistencia puede ser factible con distancias de 4 kHz o más entre las frecuencias (es decir, por debajo de 56 kHz y por encima de 64 kHz) y distancias de separación de 50 m.

#### A4.1.4.3 Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad para examinar los casos en que la intensidad de campo podía rebasar la intensidad de campo mínima utilizable del Cuadro A4-1. En este caso se examina el centro de Londres, donde se utilizan muchos receptores del SFPSH y, en el futuro, también podrían utilizarse sistemas TIP-VE. Se emplea un cálculo básico para estimar la intensidad de campo recibida en Londres del transmisor del MSF situado en Anthorn (latitud 54°55' N, longitud 3°15' O), que se indica en el Cuadro A4-6. Cabe señalar que, probablemente, esta intensidad de campo sobreestime la señal recibida, dado que Londres cuenta con numerosos edificios y objetos que atenuarían la señal. Muchos receptores pueden estar funcionando a la intensidad de campo mínima utilizable, o cerca de ese valor, entre edificios de hormigón con estructuras de acero y/o reforzados con acero.

CUADRO A4-8

#### Intensidad de campo aproximada recibida en el centro de Londres sin pérdidas debidas a la penetración en edificios, etc.

Ubicación	Distancia respecto del transmisor	Intensidad de campo (campo E) (dB $\mu$ V/m)	Intensidad de campo (campo H) (dB $\mu$ A/m)
Centro de Londres	450 km	53,87	2,37

En este análisis se utilizan los resultados de las mediciones que figuran actualmente en el Anexo 2. Las limitaciones de dichas mediciones, mencionadas en el § 4, también se aplican en este análisis.

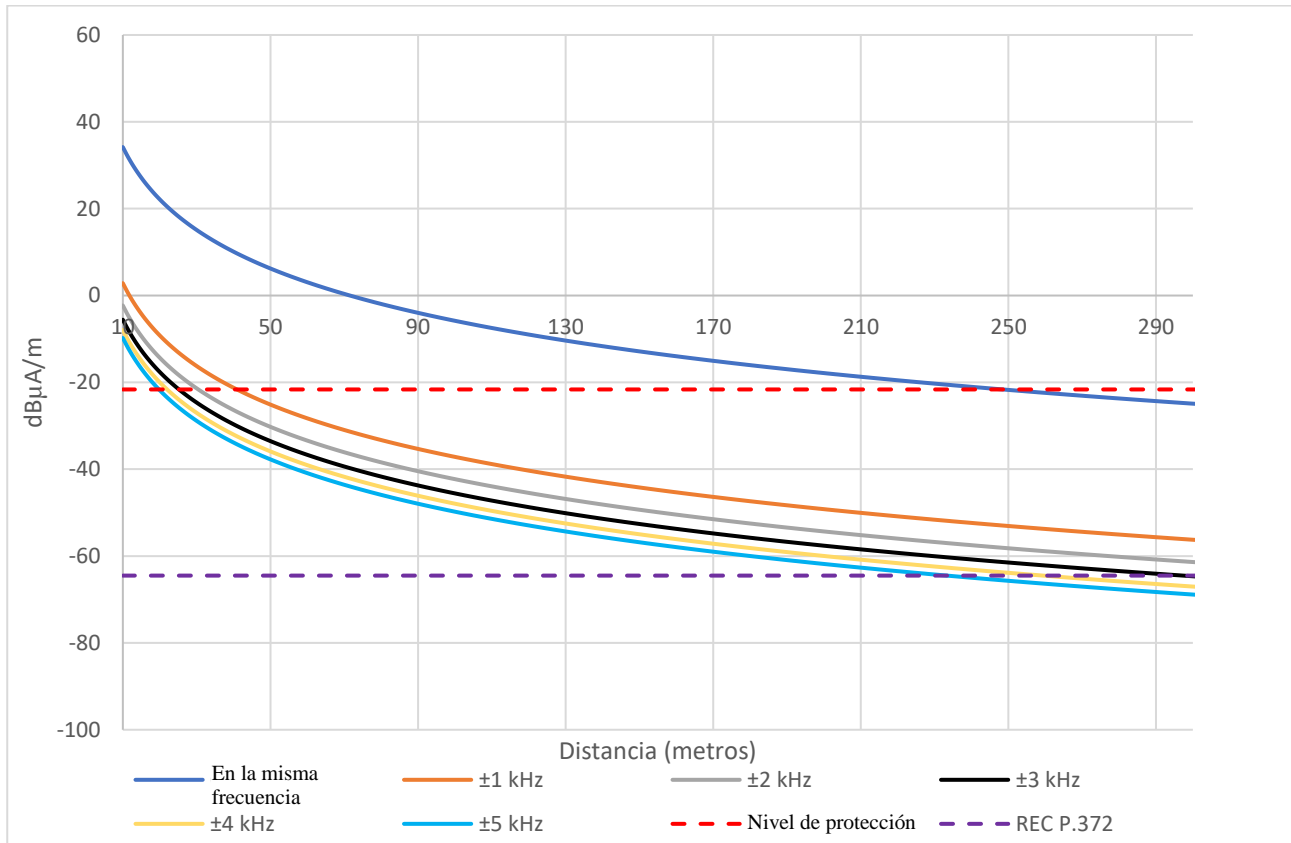
CUADRO A4-9

#### Análisis de las distancias de separación física y entre las frecuencias en un sistema medido de TIP-VE a 55-65 kHz utilizando niveles estimados de intensidad de campo de FPSH más elevados

Desplazamiento de frecuencia (kHz)	Máxima señal interferente permitida en el receptor del SFPSH (dB $\mu$ A/m)	10 m de separación		20 m de separación		50 m de separación	
		Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo de la TIP-VE (dB $\mu$ A/m)	Margen (dB)
-5	23,05	34,18	-11,13	22,14	0,91	6,22	16,83
-4	21,06	34,18	-13,12	22,14	-1,08	6,22	14,84
-3	18,54	34,18	-15,64	22,14	-3,60	6,22	12,32
-2	15,11	34,18	-19,07	22,14	-7,03	6,22	8,89
-1	9,82	34,18	-24,36	22,14	-12,32	6,22	3,60
En la misma frecuencia	-21,63	34,18	-55,81	22,14	-43,77	6,22	-27,85
+1	9,71	34,18	-24,47	22,14	-12,43	6,22	3,49
+2	14,84	34,18	-19,34	22,14	-7,30	6,22	8,62
+3	18,12	34,18	-16,06	22,14	-4,02	6,22	11,90
+4	20,49	34,18	-13,69	22,14	-1,65	6,22	14,27
+5	22,33	34,18	-11,85	22,14	0,19	6,22	16,11

FIGURA A4-4

Análisis de las distancias de separación física y entre las frecuencias en un sistema medido de TIP-VE respecto de un sistema del SFPSH a 60 kHz asumiendo una mayor intensidad de campo deseada del SFPSH



El análisis muestra que, en el marco de la hipótesis de utilización de la TIP-VE en la vía pública (véase el Cuadro A4-4), la coexistencia puede ser factible con distancias de 5 kHz o más entre las frecuencias (es decir, por debajo de 55 kHz y por encima de 65 kHz) y distancias de separación de 20 m. En el marco de la hipótesis de utilización de la TIP-VE en depósitos, la coexistencia puede ser factible con distancias de más de 1 kHz entre las frecuencias (es decir, por debajo de 59 kHz y por encima de 61 kHz) y distancias de separación de 50 m. No obstante, se observa que este análisis es excesivamente optimista y solo tiene en cuenta los casos más favorables.

#### A4.1.4.4 Interferencia combinada

Cabe la posibilidad de que múltiples estaciones de carga de TIP-VE funcionen al mismo tiempo y a escasa distancia de separación, generando así una interferencia combinada. Por ejemplo, hasta cuatro estaciones de carga de autobuses de TIP-VE, instaladas ya sea en paradas o en depósitos de autobuses, podrían constituir hasta cuatro sistemas TIP-VE operativos de forma simultánea, lo que supondría un aumento de los niveles de interferencia de 6 dB. El Cuadro A4-10 y la Fig. A4-5 ilustran los resultados de este análisis.

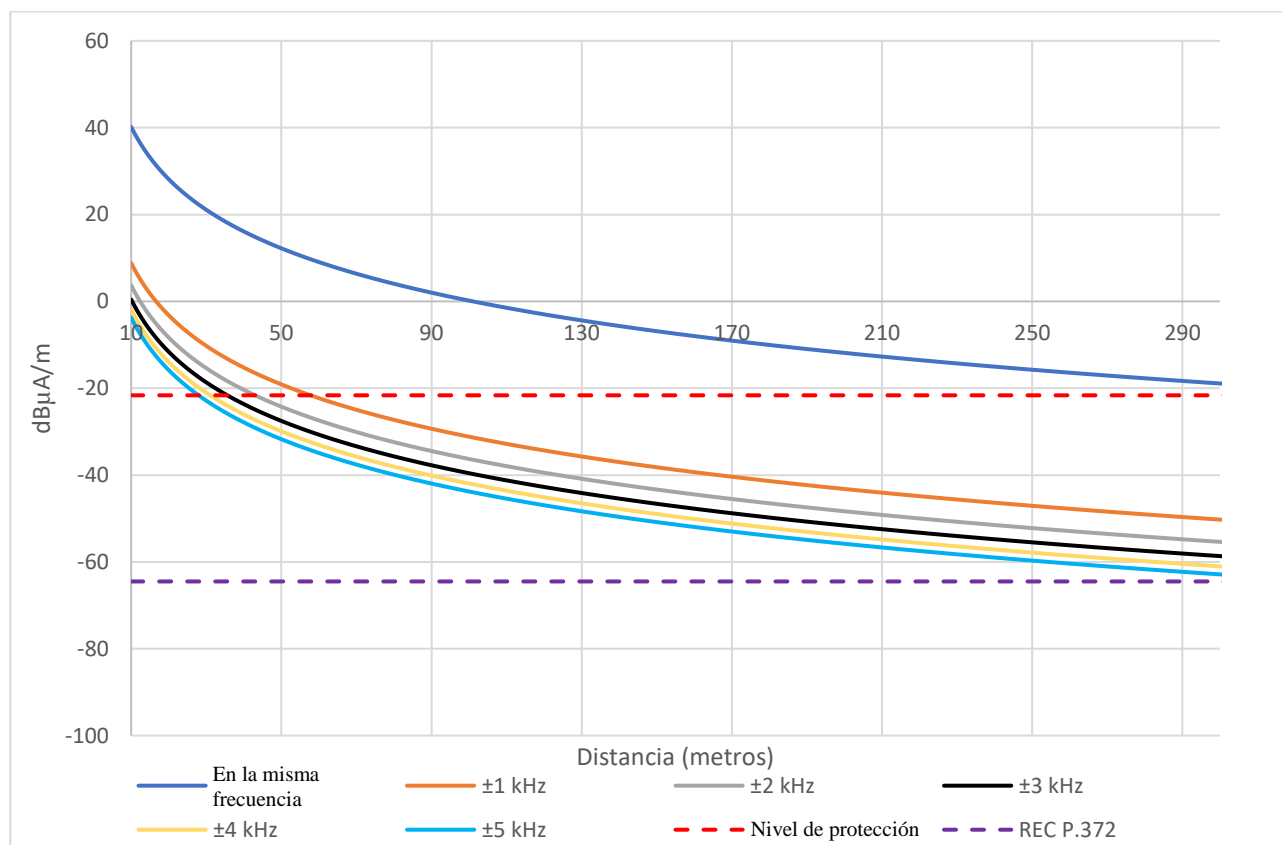
CUADRO A4-10

**Análisis de las distancias de separación física y entre las frecuencias en un sistema medido de TIP-VE a 55-65 kHz utilizando niveles estimados de intensidad de campo de FPSH más elevados y considerando la interferencia combinada**

Desplazamiento de frecuencia (kHz)	Máxima señal interferente permitida (dBμA/m)	10 m de separación		20 m de separación		50 m de separación	
		Intensidad de campo (dBμA/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo (dBμA/m)	Margen (dB)	Intensidad de campo (dBμA/m)	Margen (dB)
-5	23,1	40,18	-17,13	28,14	-5,09	12,22	10,83
-4	21,1	40,18	-19,12	28,14	-7,08	12,22	8,84
-3	18,5	40,18	-21,64	28,14	-9,60	12,22	6,32
-2	15,1	40,18	-25,07	28,14	-13,03	12,22	2,89
-1	9,8	40,18	-30,36	28,14	-18,32	12,22	-2,40
En la misma frecuencia	-21,6	40,18	-61,81	28,14	-49,77	12,22	-33,85
+1	9,7	40,18	-30,47	28,14	-18,43	12,22	-2,51
+2	14,8	40,18	-25,34	28,14	-13,30	12,22	2,62
+3	18,1	40,18	-22,06	28,14	-10,02	12,22	5,90
+4	20,5	40,18	-19,69	28,14	-7,65	12,22	8,27
+5	22,3	40,18	-17,85	28,14	-5,81	12,22	10,11

FIGURA A4-5

**Análisis de las distancias de separación física y entre las frecuencias en un sistema medido de TIP-VE respecto de un sistema del SFPSH a 60 kHz asumiendo una mayor intensidad de campo deseada del SFPSH y considerando la interferencia combinada**



El análisis muestra que los sistemas del SFPSH a 60 kHz recibirán interferencias perjudiciales de los sistemas TIP-VE medidos que funcionan en la gama de frecuencias 55-65 kHz en el marco de la hipótesis de utilización en la vía pública (véase el Cuadro A4-4). Todas las distancias de separación física y entre las frecuencias muestran un amplio margen negativo. En el marco de la hipótesis de utilización de la TIP-VE en depósitos, la coexistencia puede ser factible con distancias de 2 kHz o más entre las frecuencias (es decir, por debajo de 58 kHz y por encima de 62 kHz) y distancias de separación de 50 m.

#### A4.1.4.5 Medidas de atenuación

A fin de utilizar la gama de frecuencias 55-65 kHz para la TIP-VE pueden requerirse medidas de atenuación, ya que muchas de las hipótesis analizadas muestran una interferencia perjudicial y las emisiones no deseadas no se han examinado. El nivel de atenuación necesario puede depender de la distancia entre las frecuencias y de la hipótesis de utilización de la TIP-VE (es decir, si esta se utiliza en la vía pública o en un depósito, de acuerdo con el Cuadro A4-4). Las medidas de atenuación serán necesarias para garantizar la protección del SFPSH. Los límites propuestos figuran en el Cuadro A4-11 y en la Fig. A4-6.

CUADRO A4-11

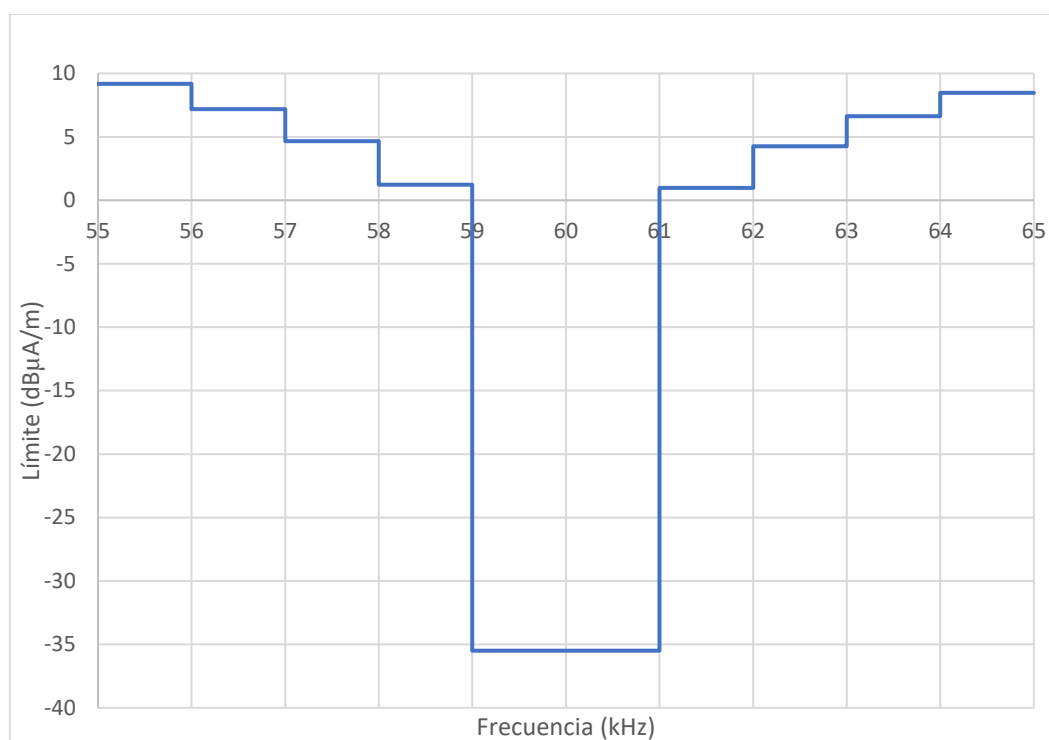
#### Límites para proteger el SFPSH de la TIP-VE a 55-65 kHz

Gama de frecuencias	Límite requerido en el receptor del SFPSH para su protección
55-56 kHz	9,18 dB $\mu$ A/m a 10 m
56-57 kHz	7,19 dB $\mu$ A/m a 10 m
57-58 kHz	4,67 dB $\mu$ A/m a 10 m
58-59 kHz	1,24 dB $\mu$ A/m a 10 m
59-61 kHz	-35,5 dB $\mu$ A/m a 10 m
61-62 kHz	0,97 dB $\mu$ A/m a 10 m
62-63 kHz	4,25 dB $\mu$ A/m a 10 m
63-64 kHz	6,62 dB $\mu$ A/m a 10 m
64-65 kHz	8,46 dB $\mu$ A/m a 10 m



FIGURA A4-6

Límites para proteger el SFPSH de la TIP-VE a 55-65 kHz



#### A4.1.5 Conclusiones

El uso de la gama de frecuencias 55-65 kHz para la TIP-VE podría causar interferencias perjudiciales a los sistemas del SFPSH, si no se garantizan unas distancias de separación física y entre las frecuencias determinadas.

Los sistemas TIP-VE que funcionan con arreglo a los límites propuestos por el CISPR causan interferencia perjudicial en todos los casos analizados. En las hipótesis de utilización de la TIP-VE tanto en la vía pública como en depósitos (véase el Cuadro 4), todas las distancias de separación física y entre las frecuencias muestran un amplio margen negativo de entre  $-120$  dB y  $-47$  dB. Las distancias de separación necesarias para proteger el SFPSH serían impracticablemente amplias y ningún desplazamiento de frecuencia en la gama de frecuencias 55-65 kHz proporcionaría el nivel de atenuación requerido.

Al considerar las mediciones de un sistema TIP-VE, el análisis de referencia muestra que la hipótesis de utilización de la TIP-VE en la vía pública, con distancias de separación de entre 10 y 20 metros, comprende interferencias perjudiciales en todos los casos estudiados. En la hipótesis de utilización de la TIP-VE en depósitos, la coexistencia puede ser factible con separaciones de frecuencias superiores a 4 kHz (por ejemplo, fuera de la gama 56-64 kHz) siempre que la distancia de separación sea superior a 50 m. Se observa que las mediciones están basadas en un sistema TIP-VE particular, que puede no ser representativo de todos los tipos de equipos. Las mediciones facilitadas en contribuciones anteriores han incluido niveles más elevados. En este análisis tampoco se han considerado emisiones no deseadas de TIP-VE, cuyas mediciones han indicado tanto emisiones no deseadas como bandas laterales.

El estudio muestra que los límites propuestos por el CISPR y las condiciones de las hipótesis de utilización en la vía pública causan interferencia perjudicial a los sistemas del SFPSH. El estudio también apunta a la necesidad de controlar las emisiones no deseadas. Por consiguiente, para que la TIP-VE pueda funcionar en la gama de frecuencias 55-65 kHz, se necesitaría un nivel de atenuación importante, por ejemplo, imponiendo límites a la intensidad de campo máxima a 10 y 50 m en función de la hipótesis de utilización.

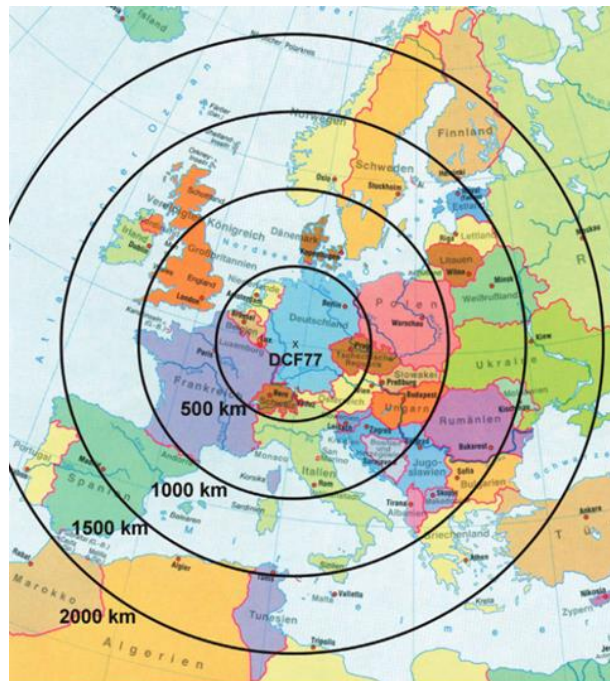
## A4.2 Estudio de los efectos sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias a 77,5 kHz

### A4.2.1 Introducción

Para la carga inalámbrica de vehículos eléctricos (VE), una de las bandas de frecuencias designadas es la gama 79-90 kHz, la cual se halla muy cerca del servicio de frecuencias patrón y señales horarias a 77,5 kHz (estación DCF77), que se transmite desde Mainflingen, cerca de Frankfurt/Main (centro de Alemania). Este estudio tiene por objeto investigar si la señal principal de la actividad de carga, por ejemplo a 85 kHz, irradiada por las estaciones de transmisión inalámbrica de potencia (TIP), puede bloquear la recepción de los relojes radiocontrolados situados en las proximidades. Se realizaron mediciones con miras a determinar las intensidades de campo tolerables de las estaciones de TIP y estimar la distancia mínima requerida con respecto a los receptores de la estación DCF77.

FIGURA A4-7

Vista esquemática del alcance de las transmisiones de la estación DCF77



Con el transmisor de onda larga de DCF77 a 77,5 kHz, se dispone desde hace muchos años de un transmisor fiable de señales horarias y frecuencias patrón, cuyas señales pueden recibirse en muchas zonas de Europa. Los relojes DCF77 radiocontrolados pueden fabricarse a bajo coste y, actualmente, se utilizan millones de ellos. De hecho, aproximadamente la mitad de los «grandes relojes eléctricos» (relojes de mesa, relojes articulados, relojes de pared y despertadores) que se venden en el sector privado son relojes radiocontrolados. Cabe asimismo señalar que, a día de hoy, se utiliza más de medio millón de relojes industriales radiocontrolados, y que el número de receptores DCF77 producidos entre 2000 y 2008 asciende a unos 100 millones, de los cuales la mayor parte pertenece a la categoría de relojes radiocontrolados «orientados al consumidor». La frecuencia portadora de la DCF77 se utiliza para calibrar o corregir automáticamente los generadores de frecuencias patrón. En cuanto al tráfico, véase el control del tráfico ferroviario y aéreo, la DCF77 desempeña un papel importante. De hecho, la DCF77 sincroniza parquímetros y semáforos y controla sistemas de calefacción y ventilación, así como de apertura y cierre de persianas, en un creciente número de edificios. En los sectores de las telecomunicaciones y el suministro de energía, los relojes radiocontrolados DCF77 se utilizan para facturar correctamente las tarifas vinculadas al tiempo.

Numerosos servidores NTP introducen la hora emitida por la DCF77 en redes informáticas, y todas las estaciones de radio y televisión reciben la hora exacta de dicha estación. Estos son solo algunos ejemplos del uso de la DCF77, que ponen de manifiesto el considerable nivel de desarrollo que se ha logrado en los últimos cincuenta años, incluso con respecto a la «antigua» técnica y a la difusión de la hora en onda larga. Además, los relojes radiocontrolados se utilizan cada vez más.

En la versión actual de la norma ETSI EN 300 330 se especifica un valor máximo de intensidad de campo magnético de 68,5 dB $\mu$ A/m a 10 m de distancia, no obstante, se está debatiendo la posibilidad de introducir un futuro límite de 72 dB $\mu$ A/m (en el proyecto EN 303 417) y las mediciones de un sistema TIP, realizadas en 2015, demostraron que las emisiones reales pueden alcanzar valores de intensidad de campo de hasta 74 dB $\mu$ A/m.

En las mediciones expuestas en el presente documento, se han utilizado a título experimental 11 relojes DCF77 diferentes para definir los criterios aplicables a los sistemas TIP que funcionan en la gama 79-90 kHz. Las mediciones se llevaron a cabo en la gran cámara anecoica y apantallada del laboratorio Kolberg de la Agencia Federal de Redes (BNetzA), en Alemania, los días 23 y 24 de noviembre de 2017.

FIGURA A4-8

Dispositivos objeto de prueba



#### A4.2.2 Señal DCF77 (deseada)

Se utilizó un generador de señales (R&S SMU200) para producir la señal DCF77. A tal efecto, se envió repetidamente una secuencia programada de pulsos de 10 minutos de duración a través de una antena de bucle magnético (EMCO 6511) posicionada a una distancia de 10 m de los dispositivos objeto de prueba (DOP).

En la mayoría de las mediciones, la intensidad de campo de la señal DCF77 en la ubicación de los DOP se fijó en 50 dB $\mu$ V/m. Ese valor se corresponde como la intensidad de campo mínima en el exterior de un verdadero transmisor DCF77 situado a una distancia de 1 000 km.

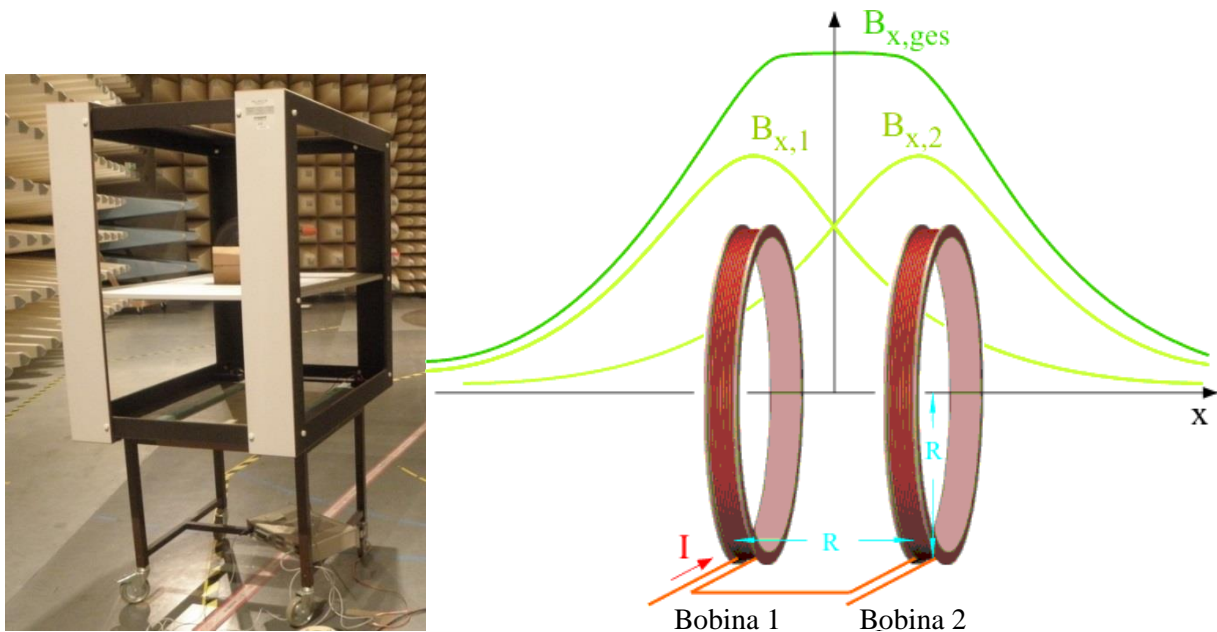
Para obtener indicaciones sobre la naturaleza del efecto interferente, se realizaron mediciones adicionales con una intensidad de campo deseada de 70 dB $\mu$ V/m.

En una medición de sensibilidad se constató que, salvo el Rx9, todos los relojes podían sincronizarse con una intensidad de campo deseada mínima de 50 dB $\mu$ V/m, que fue la seleccionada para las mediciones de interferencia siguientes. El Rx9 se excluyó de dichas mediciones por no ser capaz de sincronizarse con la intensidad de campo deseada.

#### A4.2.3 Señal de TIP (no deseada)

La señal de TIP no deseada se emuló utilizando una portadora no modulada de un generador de señales (HP 8648C) y se transmitió por conducto de una «bobina de Helmholtz». Estas bobinas se componen de dos bucles magnéticos dispuestos en paralelo a un marco de madera, dentro del cual se genera un campo magnético homogéneo. Los DOP se instalaron en el centro del marco (entre las dos bobinas).

FIGURA A4-9  
Bobina de Helmholtz y principio



En estas mediciones, los únicos efectos interferentes posibles son el bloqueo y/o la desensibilización o la sobrecarga del receptor DCF77.

##### A4.2.3.1 Criterio de fallo

En un contexto sin interferencias, todos los relojes completaron el proceso de sincronización en tres minutos.

En estas mediciones se utilizaron los siguientes criterios de fallo:

- 1) No se indican los pulsos recibidos (para los relojes con indicador de pulsos).
- 2) La fecha y la hora transmitidas de la señal deseada no se sincronizan.
- 3) La sincronización con la hora transmitida de la señal DCF77 deseada dura más de un minuto más que en un contexto sin interferencias.

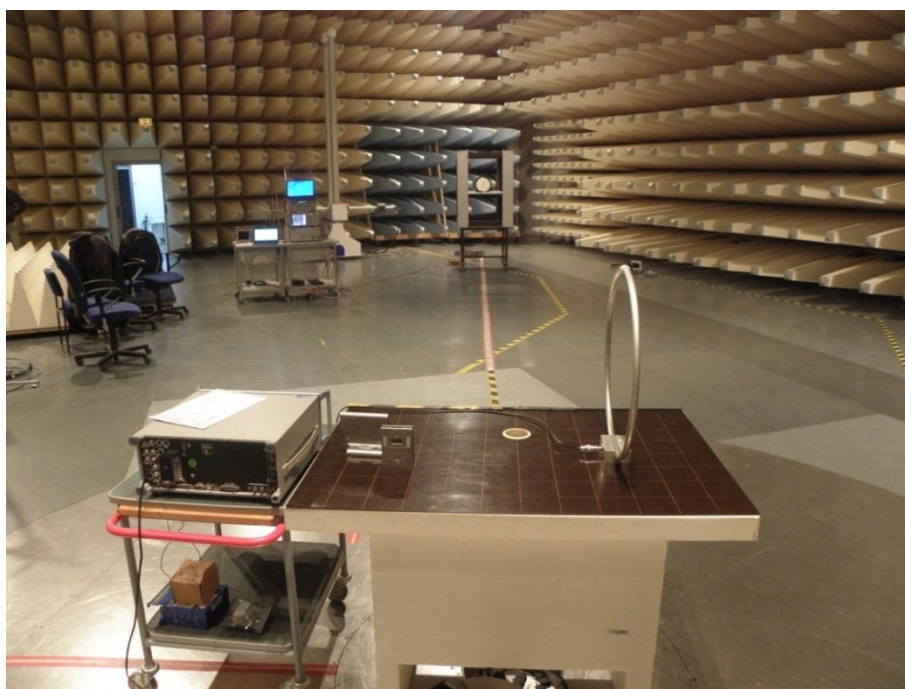
### A4.2.3.2 Configuración de la medición

A fin de garantizar que los DOP recibieran únicamente las señales utilizadas para esta medición, los elementos se configuraron en una cámara anecoica y apantallada. El hecho de que los DOP no pudieran recibir la «verdadera» señal DCF77 de Mainflingen revistió una importancia particular. Para lograr este objetivo, se utilizaron una antena de bucle magnético (R&S HFH2-Z2), instalada en el centro de la bobina de Helmholtz, y un analizador de espectro (R&S ESU).

Los DOP se instalaron en el centro del marco de madera con la bobina de Helmholtz. La señal deseada DCF77 se transmitió a una distancia de 10 m. La dirección de los DOP se ajustó para recibir el máximo de señales tanto deseadas como no deseadas.

FIGURA A4-10

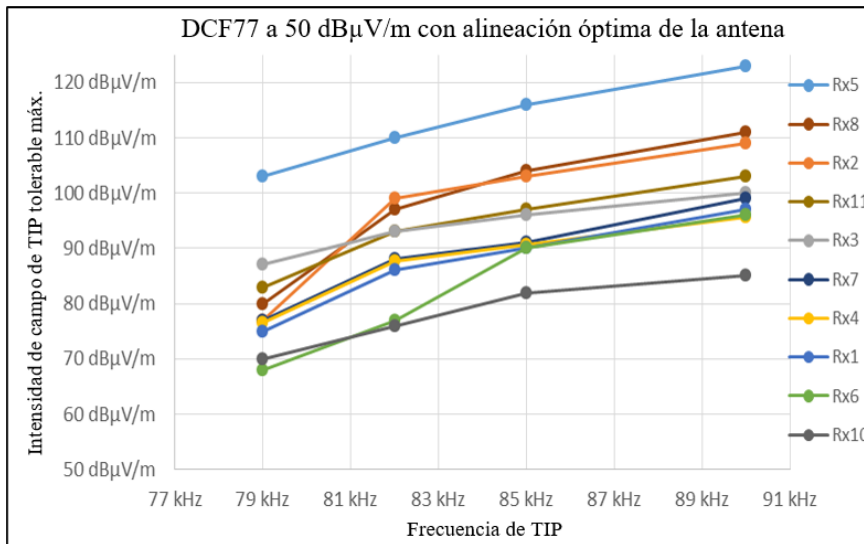
Configuración de la medición – Frente: generación de la señal DCF77 deseada;  
fondo: bobina de Helmholtz con DOP



### A4.2.3.3 Mediciones de interferencias

El nivel de señal DCF77 deseada se fijó en 50 dB $\mu$ V/m en la ubicación de los DOP. El nivel de señal de TIP no deseada se elevó en intervalos de 3 dB. En cada medición, se inició el proceso de sincronización en todos los DOP y se determinó la capacidad de sincronización de cada uno de ellos hasta su fallo.

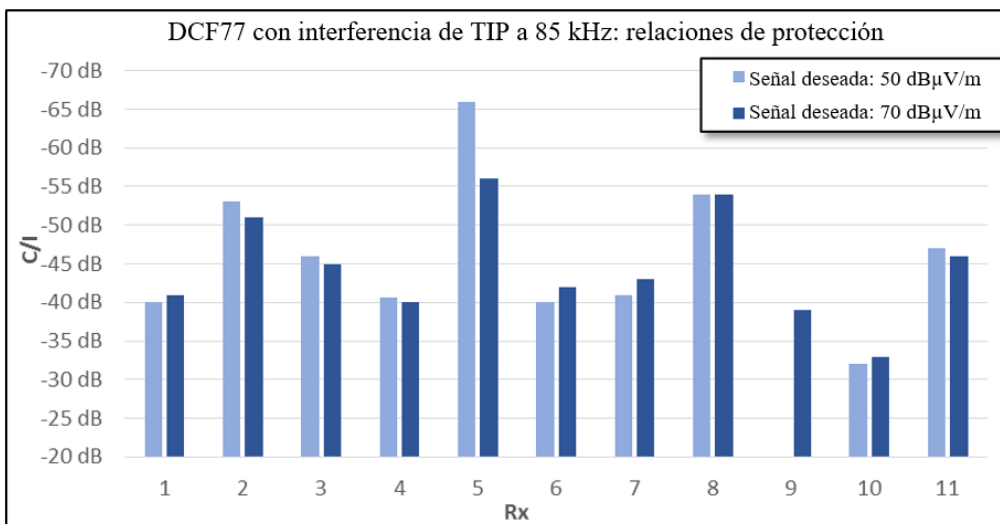
FIGURA A4-11  
**Resultados de la medición de la intensidad de campo deseada de 50 dBμV/m y alineación óptima de la antena**



Los resultados muestran una diferencia significativa en cuanto a la inmunidad a las señales de TIP de los diferentes relojes. El reloj más inmune (Rx5) sigue funcionando con un nivel de TIP unos 35 dB superior al del reloj menos inmune (Rx10).

Se llevó a cabo una medición adicional con una intensidad de campo de señal DCF77 deseada de 70 dBμV/m. En la Fig. A4-12 se compara la relación portadora/interferencia medida (C/I, diferencia entre la intensidad de campo deseada y la no deseada) en ambas mediciones.

FIGURA A4-12  
**C/I medida con diferentes valores de intensidad de campo deseada**



Se puede constatar que la relación C/I es prácticamente independiente del nivel deseado en todos los receptores, excepto en el Rx5. Por tanto, generalmente, el efecto interferente de los valores de intensidad de campo de TIP elevados puede compensarse elevando la intensidad de campo de DCF77. Ello indica que el efecto dominante es una selectividad insuficiente o una desensibilización (bloqueo) del receptor. Solo el Rx5 parece estar sobrecargado.

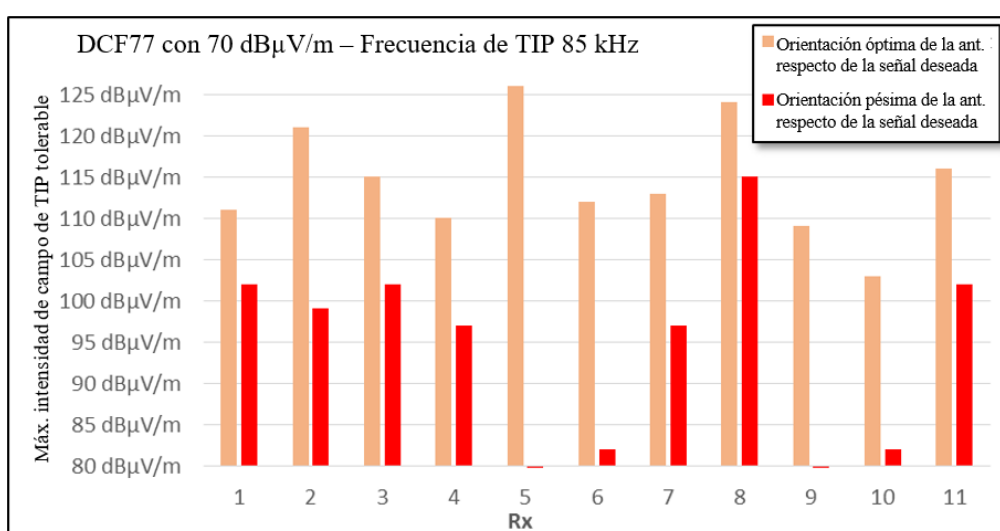
#### A4.2.3.4 Mediciones con diferentes orientaciones de antena

En todas las mediciones anteriores, las antenas receptoras estaban orientadas a las señales tanto deseadas como no deseadas. Para evaluar el efecto de las orientaciones de antena no óptimas, se realizaron mediciones adicionales en lugares donde la señal de TIP no deseada procedía de la dirección óptima de recepción, pero la señal de DCF77 deseada llegaba desde una dirección con respecto a la cual la antena del DOP era menos sensible (desviación de 90°). Hasta ahora, esa configuración podría considerarse la del caso «más desfavorable».

Con esta configuración, solo Rx1 y Rx2 pudieron sincronizarse con una intensidad de campo deseada de 50 dB $\mu$ V/m (sin interferencia). Todos los receptores pudieron sincronizarse a 70 dB $\mu$ V/m.

En el siguiente gráfico se comparan ambas mediciones: la que prevé una orientación óptima de la antena se denomina «óptima», y la que prevé la orientación cruzada *supra* se denomina «pésima».

FIGURA A4-13  
Comparación de los resultados con diferentes orientaciones de antena para un valor elevado de intensidad de campo deseada



De esta medición se desprende que la directividad de las antenas receptoras varía considerablemente: mientras que, para Rx1, la directividad se limita a 9 dB, para Rx6 es de 30 dB. No obstante, cabe mencionar que, en un campo absolutamente homogéneo, el valor mínimo de recepción de las antenas de Rx direccionales puede ser muy agudo y exige un posicionamiento exacto. Esta posición mínima puede no haberse garantizado en todos los DOP.

#### A4.2.4 Evaluación de los efectos

Los resultados permiten evaluar hasta cierto punto la distancia requerida entre los sistemas TIP y los relojes DCF77, para garantizar que la TIP no produzca ningún efecto perjudicial sobre el DCF77. Los siguientes cuadros y figuras pueden ayudar a estimar estas distancias respecto de los tres desplazamientos de frecuencias medidos. Para los cálculos subyacentes se aplicaron los supuestos que figuran a continuación.

Todos los valores de  $C/I$  se han tomado de los resultados obtenidos con una orientación de antena óptima:

- 1) La máxima intensidad de campo de TIP en la frecuencia principal de la norma ETSI EN 300 330 es de 68,5 dB $\mu$ A/m a 10 m de distancia, lo que corresponde a una intensidad de campo eléctrico de 120 dB $\mu$ V/m.

- 2) Se asume que la intensidad de campo de TIP en el campo cercano desciende a un ritmo de 60 dB/década con la distancia.
- 3) Las curvas del 90% y el 10% derivan del segundo mejor y segundo peor valor de los resultados de la medición.

Por tanto, la distancia necesaria para la compatibilidad resultante se calcula con la siguiente ecuación:

$$d \left( E_{DCF}, \frac{C}{I} \right) = 10^{\left( \frac{120 \frac{dB\mu V}{m} - E_{DCF} + \frac{C}{I} + 1}{60 \frac{dB}{dec}} \right)}$$

FIGURA A4-14

**Distancias de protección con distintos valores de intensidad de campo de DCF77 deseada para una TIP a 79 kHz**

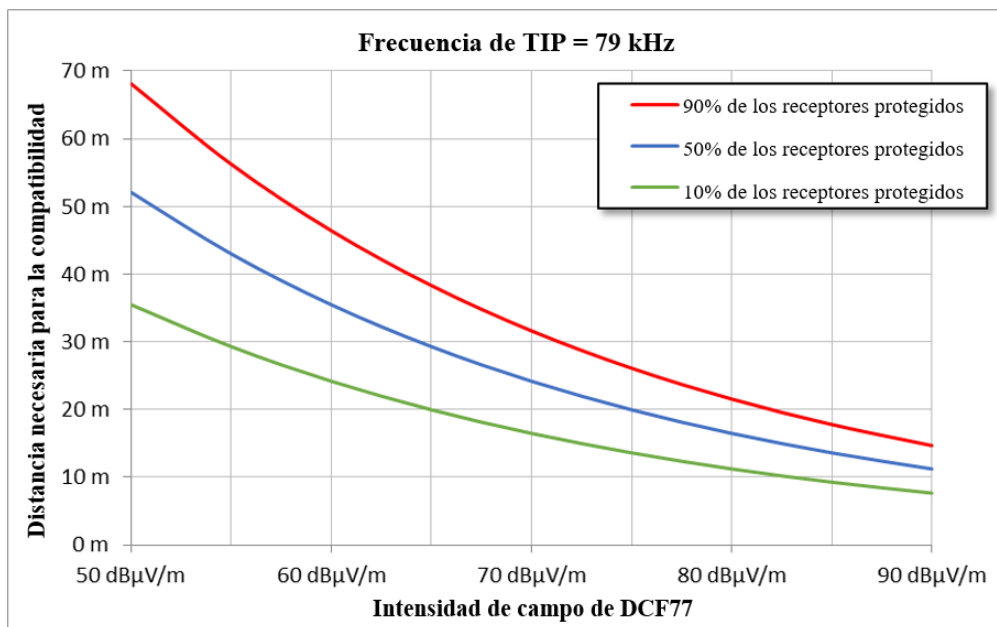


FIGURA A4-15

**Distancias de protección con distintos valores de intensidad de campo de DCF77 deseada para una TIP a 85 kHz**

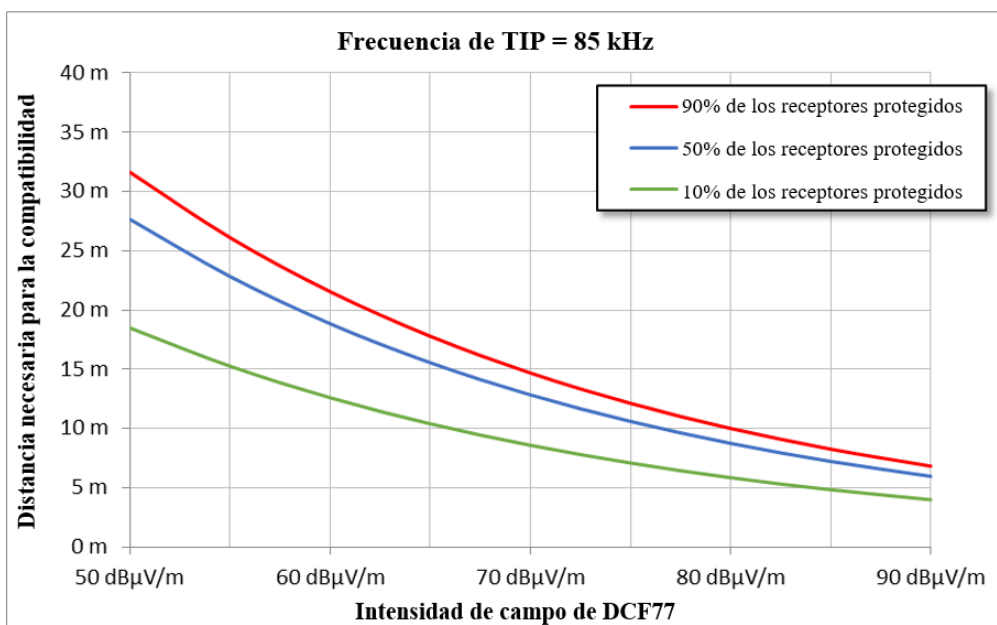
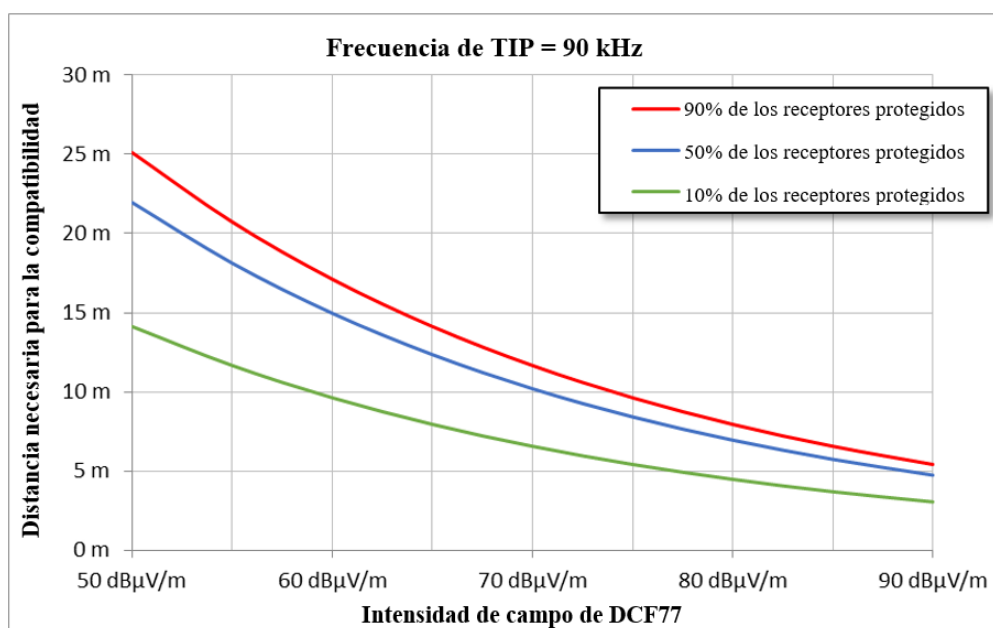




FIGURA A4-16

Distancias de protección con distintos valores de intensidad de campo de DCF77 deseada para una TIP a 90 kHz



#### A4.2.5 Conclusiones relativas a las mediciones de la DCF

Aun observando el límite actualmente aplicable a los dispositivos TIP (SRD inductiva), que figura en el Anexo 9 a la norma ERC/REC 70-03 y se sitúa en 68,5 dB $\mu$ A/m para la emisión de TIP principal, ninguno de los dispositivos DCF probados funciona a 10 m de distancia en los casos en que reciben únicamente la intensidad de campo deseada requerida mínima de 50 dB $\mu$ V/m.

La distancia de protección real depende de la intensidad de campo deseada (DCF77) recibida por el reloj radioeléctrico, de la radiación interferente del sistema TIP y del desplazamiento de frecuencia. Por ejemplo, cuando el nivel de DCF77 es de 60 dB $\mu$ V/m (lo que puede suponerse en toda Alemania), el nivel de TIP es de 68,5 dB $\mu$ A/m a 10 m de distancia, la frecuencia de TIP se sitúa en el centro de la banda a 85 kHz, y el 50% de los receptores DCF deben hallarse a más de 18 m de distancia de la estación de TIP para evitar el bloqueo. Si el nivel de TIP a 82 dB $\mu$ A/m aumentase en 13,5 dB, esa distancia se ampliaría a 31 m.

Cabe hacer una distinción entre los receptores DCF críticos y los no críticos.

En general, los receptores DCF móviles no críticos (por ejemplo, relojes de pulsera) deberían ser capaces de sincronizarse. En cuanto a los receptores DCF fijos no críticos (por ejemplo, relojes personales), cabe suponer que una única estación de carga de TIP situada a una distancia de 31 m no causaría interferencia perjudicial, puesto que la actividad de carga no debería durar 24 h. Por consiguiente, el dispositivo DCF debería poder sincronizarse varias veces al día. La combinación de varios cargadores en ese espacio de 31 m mermaría la posibilidad de sincronización. Entre las medidas de atenuación podría figurar el establecimiento de una distancia mínima entre las estaciones de carga.

Con respecto a los receptores DCF críticos (véanse los destinados al control del tráfico, a la medición de las tarifas vinculadas al tiempo o funciones militares), las conclusiones dependen de la descripción del sistema. La transición del horario de invierno al de verano y viceversa puede constituir un evento importante al que conviene prestar atención. Entre las medidas de atenuación podría figurar la puesta en pausa de la actividad de carga durante un periodo de tiempo. Para los receptores DCF críticos, sería útil establecer una distancia mínima entre las estaciones de carga.

Cabe señalar que no se ha encontrado documentación técnica armonizada en relación con los receptores DCF. Entre las medidas de atenuación podría figurar una mejora de las características de los receptores a través de la normalización.

## Anexo 5

### Estudios sobre los efectos de la TIP-VE en China

#### A5.1 El estudio sobre los efectos de la TIP-VE en la radiodifusión en ondas hectométricas

En este estudio se abordan los posibles efectos de la TIP-VE sobre la recepción de las señales de radiodifusión en la banda de ondas hectométricas. En China, el servicio de radiodifusión en ondas hectométricas se utiliza en la gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz. El propósito de este ejercicio fue identificar y cuantificar el riesgo de interferencia y la distancia de separación necesaria para evitar la interferencia perjudicial. Se estudiaron tanto los armónicos radiados de la TIP-VE, como sus efectos sobre los receptores de radio AM en la gama 526,5-1 606,5 kHz.

En cuanto a los criterios de protección de la radiodifusión, nos remitimos a la norma nacional china GB 2017-80 y a las Recomendaciones UIT-R BS.560-4 y UIT-R BS.703. Se llevó a cabo una prueba de campo, a fin de examinar y verificar los criterios mínimos de protección en una zona urbana.

En lo que respecta al nivel de emisión de la TIP-VE, se supone que las emisiones de armónicos en la gama de frecuencias 526,5-606,5 kHz se ajustan a los límites de emisiones no esenciales definidos en la norma ETSI EN 303 417. La conversión de campo H a campo E se efectúa utilizando la relación E/H real, basada en el modelo de bucle pequeño a una distancia adecuada.

Además del análisis numérico, se llevó a cabo una prueba de campo para observar la experiencia de audición subjetiva con diferentes distancias de separación. En este caso, se midió la intensidad de campo de la TIP-VE y la intensidad de campo de la señal de radiodifusión, y se verificó la relación de protección en función de dicha experiencia.

En el § A5.1.1 se presentan las características técnicas y los criterios de protección de la radiodifusión en ondas hectométricas, conforme a lo estipulado en las Recomendaciones UIT-R.

En el § A5.1.2 se realiza un análisis numérico de la interferencia que los armónicos de funcionamiento de la TIP-VE y las emisiones no esenciales causan a los receptores de radiodifusión.

En el § A5.1.4 se analizan los efectos sobre la experiencia de audición subjetiva a partir de una serie de pruebas de campo y experimentos en una zona urbana, que es el contexto típico de despliegue de la TIP-VE. También se llevó a cabo una simulación de Monte Carlo para evaluar la interferencia combinada procedente de múltiples estaciones de TIP-VE activas al mismo tiempo.

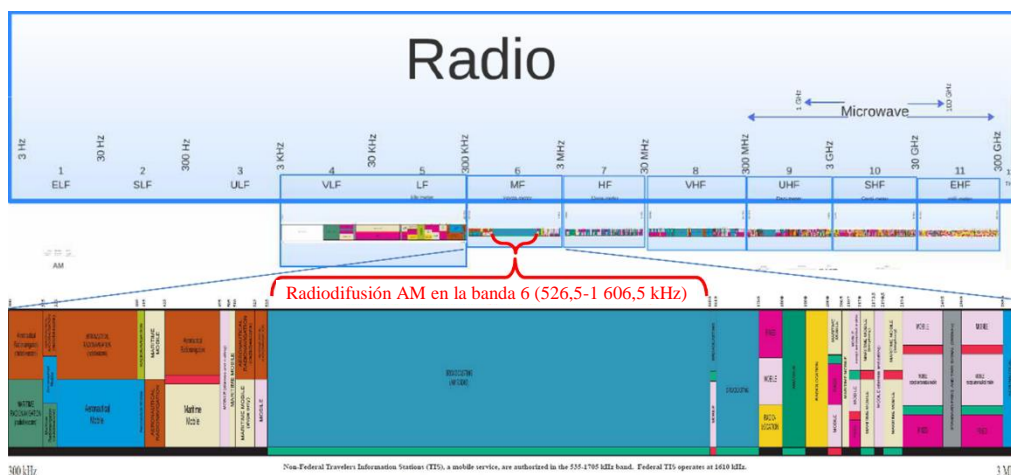
La interferencia causada a la recepción de radiodifusión en ondas hectométricas por los armónicos de las estaciones de TIP-VE que funcionan en la gama de frecuencias 79-90 kHz se examinó a través de análisis teóricos, pruebas de campo y simulaciones en una zona urbana característica. Si fuera necesario, podrían realizarse más pruebas de campo basadas en hipótesis adicionales.

### A5.1.1 Características técnicas y criterios de protección de la radiodifusión en ondas hectométricas

#### A5.1.1.1 Características técnicas de la radiodifusión AM en ondas hectométricas

Según se ilustra en la Fig. A5-1, el sistema de radiodifusión AM en ondas hectométricas funciona en la gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz. Su función principal es facilitar una amplia cobertura para los servicios de radiodifusión de audio AM.

FIGURA A5-1  
Frecuencia de radiodifusión AM en la banda de ondas hectométricas

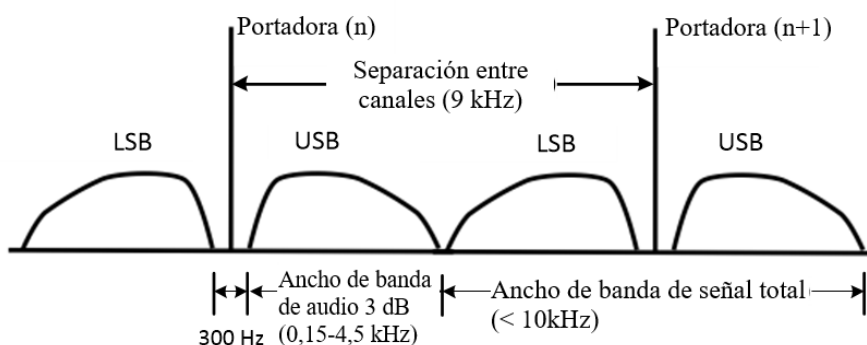


Las siguientes características técnicas fundamentales para la radiodifusión con doble banda lateral y modulación de amplitud (AM-DSB) en ondas hectométricas vienen definidas en la norma relativa al canal característico.

- separación entre canales: 9 kHz;
- ningún intervalo de audio con portadora entre la banda lateral inferior (LSB) y la banda lateral superior (USB);
- UIT 300 Hz;
- ancho de banda del canal Tx/Rx: < 10 kHz;
- ancho de banda de audio: 4,5 kHz.

Las características del dominio de frecuencias de modulación DSB se ilustran en la Fig. A5-2.

FIGURA A5-2  
Representación de la señal de radiodifusión DSB en el dominio de frecuencia



La sensibilidad debería presentarse como una cifra media única para cada banda de radiodifusión, a partir de la cual puede calcularse la intensidad de campo mínima utilizable, habida cuenta de otros factores influyentes (por ejemplo, el ruido artificial). Para la sensibilidad mínima de un receptor medio, se sugieren los siguientes valores:

- Banda 5 (ondas kilométricas): 66 dB( $\mu$ V/m)
- Banda 6 (ondas hectométricas): 60 dB( $\mu$ V/m)
- Banda 7 (ondas decamétricas): 40 dB( $\mu$ V/m)

En este estudio, la sensibilidad mínima de la señal de radiodifusión en ondas hectométricas se fija en 60 dB( $\mu$ V/m), tal como se propone en la Recomendación UIT-R BS.703 de 1990. Transcurridos 28 años, el ruido ambiental ha aumentado notablemente, sobre todo en las zonas urbanas. La intensidad de campo de la señal de radiodifusión en ondas hectométricas en una zona urbana suele ser mucho mayor que el nivel de sensibilidad 60 dB( $\mu$ V/m) definido en la Recomendación UIT-R BS.703 con miras a la adaptación al ruido ambiental existente, en especial en las zonas urbanas. Ello se verificó en la medición de campo.

#### **A5.1.1.2 Criterios de protección de la radiodifusión en ondas hectométricas**

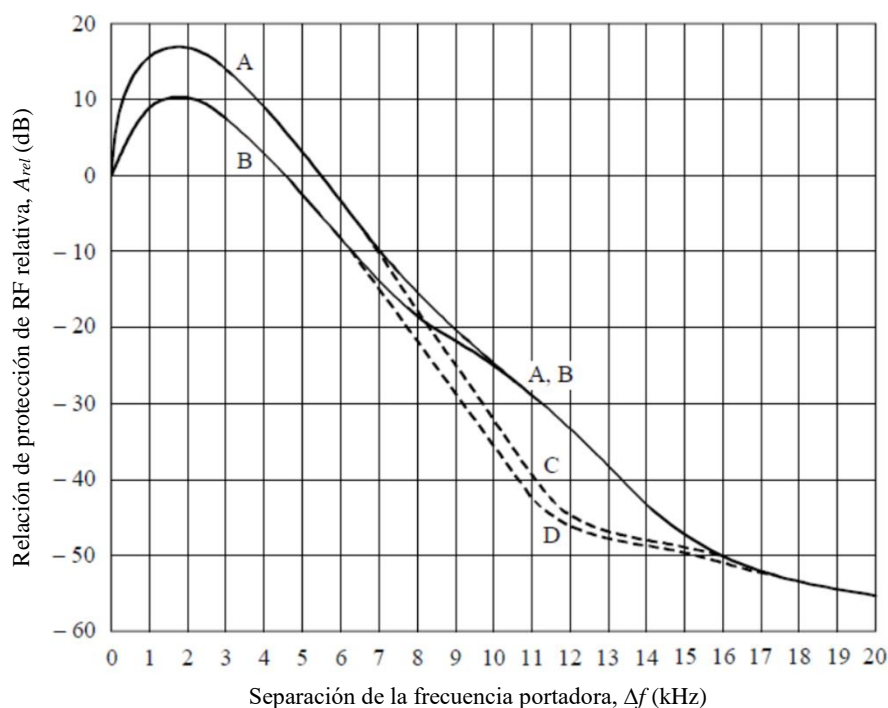
En la Recomendación UIT-R M.560-40 se recomiendan relaciones de protección de las radiofrecuencias (RF) a efectos de la radiodifusión sonora en las bandas 5 (ondas kilométricas), 6 (ondas hectométricas) y 7 (ondas decamétricas). La Conferencia Administrativa Regional de Radiodifusión por ondas hectométricas (Región 2) (Río de Janeiro, 1981) utilizó una relación de protección cocanal de 26 dB para los servicios establecidos tanto por onda de superficie como por onda ionosférica. Para la protección de los servicios establecidos por onda de superficie y por onda ionosférica se adoptaron, en la Conferencia Administrativa Regional de Radiodifusión por ondas kilométricas y hectométricas (Regiones 1 y 3) (Ginebra, 1975), relaciones de protección cocanal de 30 dB y 27 dB, respectivamente. La norma nacional de China prevé una relación de protección cocanal de 26 dB.

La relación de protección relativa en radiofrecuencia (dB) es la diferencia entre las relaciones de protección existentes cuando las portadoras de los transmisores deseado e interferente tienen una diferencia de frecuencia de  $\Delta f$  (Hz o kHz) y cuando las portadoras de esos transmisores tienen la misma frecuencia.

Una vez que se haya determinado un valor para la relación de protección en radiofrecuencia en un mismo canal, esta relación, que es la misma que la relación de protección en audiofrecuencia, expresada en función de la separación de las frecuencias portadoras, se determina por las curvas de la Fig. A5-3.

FIGURA A5-3

Valor relativo de la relación de protección de RF en función de la separación de la frecuencia portadora

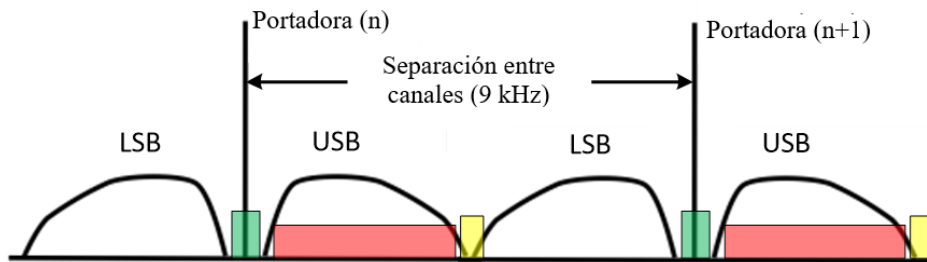


Conforme a la relación de protección prevista en la Recomendación UIT-R M.560-4, el objetivo de la relación de protección de RF relativa (con respecto a la portadora) es garantizar la protección contra la interferencia procedente de otras estaciones AM. Por tanto, se supuso que la señal no deseada tenía una forma de onda de modulación de audio AM.

En la norma nacional de China, se estipula que la relación de protección de la forma de onda de modulación de audio AM es de 26 dB. Si la señal no deseada es una señal a una sola frecuencia o un ruido de banda muy estrecha, la relación de protección de 26 dB es suficiente. Ello pudo verificarse mediante la prueba de campo expuesta en el Cuadro A5-4.

Dadas las características técnicas de la modulación DSB y la existencia de un espacio de separación central entre la LSB y la USB, la interferencia a una sola frecuencia o de banda muy estrecha que recaiga en dicho espacio (ilustrado en forma de bloques verdes en la Fig. A5-4) no causaría ninguna interferencia perjudicial a la recepción de audio, al menos en teoría. Los bloques amarillos de la Fig. A5-4 representan la misma interferencia en el borde de la portadora de audio. En este caso, los criterios de protección pueden no ser tan bajos como los aplicables a los bloques verdes del centro, no obstante, siguen siendo más flexibles que los de la parte central de la LSB y la USB.

FIGURA A5-4  
Interferencia a una sola frecuencia a la SEÑAL DSB



### A5.1.2 Análisis numérico de la interferencia

#### A5.1.2.1 Armónicos de la TIP-VE con frecuencia de funcionamiento y emisión

El riesgo de que los armónicos de la TIP-VE causen una interferencia que repercute en la coexistencia se analiza y clasifica de la siguiente manera.

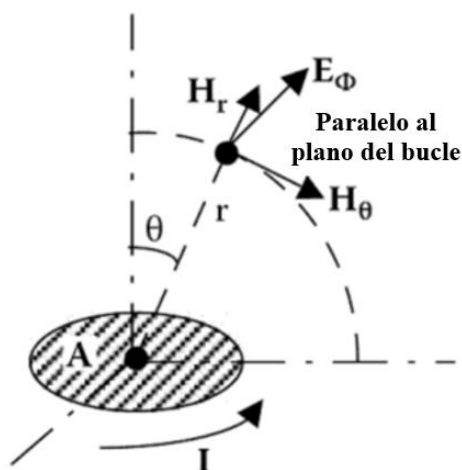
- Riesgo bajo: los armónicos se hallan dentro del intervalo de la portadora (bloques verdes de la Fig. A5-4) y fuera de la banda de audio. Los armónicos de la frecuencia de funcionamiento de la TIP-VE a 81/90 kHz recaerán en el espacio central situado entre la LSB y la USB de las portadoras AM.
- Riesgo medio: los armónicos se hallan en el intervalo entre canales adyacentes (bloques amarillos de la Fig. A5-4). Una mitad de los armónicos recaerá en el espacio central entre la LSB y la USB, y la otra mitad en el borde de la USB o la LSB, donde la relación de protección puede ser menor que la de los armónicos que recaen en el espacio central.
- Riesgo elevado: los armónicos se hallan en las bandas de audio, es decir, la LSB o la USB. Las frecuencias de funcionamiento de la TIP-VE serán todas las situadas entre 79 kHz y 90 kHz, salvo 85,5 kHz y 90 kHz.

#### A5.1.2.2 Conversión del campo H en campo E

Dado que la fuente de emisión de la TIP-VE es la bobina, el campo H será dominante en la emisión en el campo cercano. Los campos H decaen de manera diferente dependiendo de las condiciones de del suelo, por ejemplo, tierra o agua. A fin de simplificar el análisis, se considerará como caso más desfavorable el de espacio libre. Puede demostrarse que los campos H decaen paulatinamente desde 60 dB/dec en la región del campo cercano definida por  $\lambda/2\pi$ , hasta los 20 dB/dec en la región del campo lejano.

La E/H y la emisión se evalúan mediante un modelo de bucle en el espacio libre. El modelo ha sido verificado tanto por medición como por simulación. La antena del bucle pequeño es un bucle cerrado como se muestra en la Fig. A5-5.

FIGURA A5-5  
Radiación de un bucle pequeño



En el caso de las radiaciones del modelo de bucle pequeño, los campos E y H pueden describirse aproximadamente mediante las siguientes ecuaciones:

$$E_\phi (V/m) = \pi Z_0 \frac{IA}{\lambda^2 r} \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^2} \sin \theta \quad (1)$$

$$H_\theta (A/m) = \pi \frac{IA}{\lambda^2 r} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^4} \sin \theta \quad (2)$$

siendo  $I$  la corriente del bucle (A, amperios);  $A$  el área del bucle ( $m^2$ );  $\lambda$  la longitud de onda (m);  $\lambda = 300/f$ ;  $f$  la frecuencia (MHz);  $r$  la distancia al punto de observación (m); y  $Z_0$  la impedancia en el espacio libre,  $377 \Omega$ .

En cada región, la intensidad de campo E de una estación de TIP-VE se convierte en E/H como se muestra en las Figs. A5-6 (canal inferior de la banda de ondas hectométricas), A5-7 (canal intermedio de la banda de ondas hectométricas) y A5-8 (canal superior de la banda de ondas hectométricas).

FIGURA A5-6

**Relación  $E/H$  respecto de la distancia por un bucle en el espacio libre en el extremo inferior de la banda de ondas hectométricas (530 kHz)**  
**Canal inferior de la banda de ondas hectométricas**

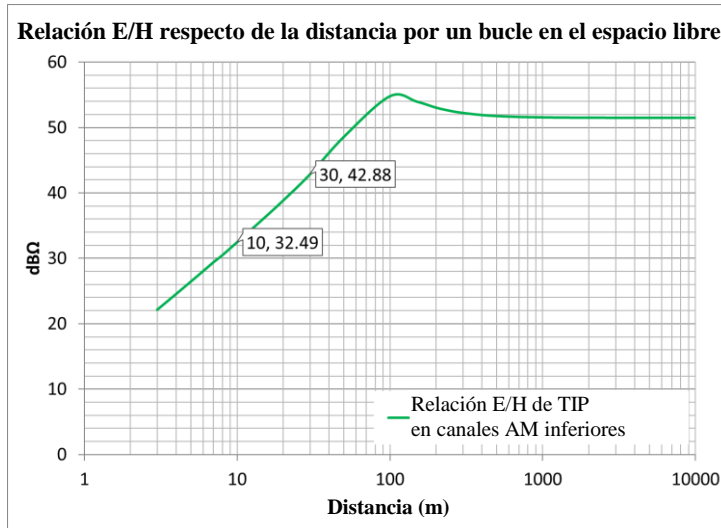


FIGURA A5-7

**Relación  $E/H$  respecto de la distancia por un bucle en el espacio libre en la parte central de la banda de ondas hectométricas (1 062 kHz)**  
**Canal intermedio de la banda de ondas hectométricas**

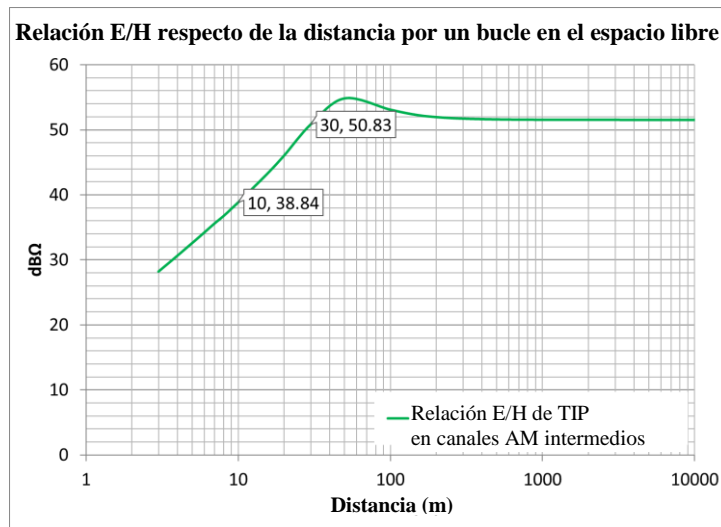
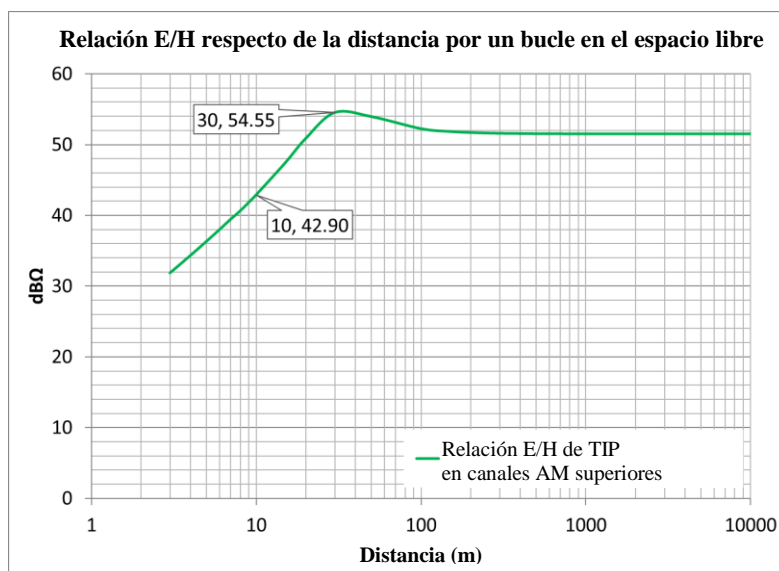




FIGURA A5-8

Relación *E/H* respecto de la distancia por un bucle en el espacio libre en el extremo superior de la banda de ondas hectométricas (1 602 kHz) Canal superior de la banda de ondas hectométricas



### A5.1.2.3 Análisis numérico

Suponiendo que los armónicos de la TIP-VE observan los límites definidos en la norma ESTI EN 303 417, se asume que la emisión máxima de TIP-VE es 0. El campo E convertido se utilizará para evaluar la interferencia con la señal AM. En el Cuadro A5-1, se supone que la frecuencia de funcionamiento de la TIP-VE recae dentro de la gama de frecuencias 79-90 kHz. El espacio de separación se define mediante la ecuación (3).

$$\text{Espacio} = \text{la relación de protección de } 26 \text{ dB} - (\text{sensibilidad mínima del Rx AM} - \text{intensidad de campo E del armónico de TIP-VE}) \tag{3}$$

CUADRO A5-1

Análisis del campo E y del espacio de protección con 10 m de espacio libre

Frecuencia (MHz)	Límites de emisiones no esenciales de EN 303 417 (dBμA/m a 10 m)	<i>E/H</i> (dBΩ)	Límite de campo E convertido (dBμV/m a 10 m)	Sensibilidad mínima del Rx AM (dBμV/m)	Espacio (dB)
0,531	9,29	32,51	41,80	60,00	7,80
1,062	6,28	38,84	45,12	60,00	11,12
1,602	4,50	42,90	47,40	60,00	13,40

Según el análisis del Cuadro A5-1, sigue existiendo un espacio (de entre 7,80 dB y 13,4 dB) para cumplir el riguroso requisito de protección de 26 dB en el nivel de sensibilidad mínimo. En primer lugar, en el marco de la producción comercial, se preverá un cierto margen con miras al cumplimiento del requisito mínimo normalizado. Por consiguiente, el nivel de intensidad de los armónicos de los productos comerciales no rebasará el requisito normalizado. En segundo lugar, el nivel de la señal de radiodifusión es muy superior al nivel de sensibilidad mínimo correspondiente a las zonas urbanas, en las que el ruido ambiental suele ser elevado. Además, el receptor de radio puede resistir interferencias mucho más fuertes en una zona con buena cobertura. En tercer lugar, los garajes

subterráneos suelen estar separados de los edificios residenciales por paredes. La atenuación por penetración en paredes introducirá una atenuación adicional de 17 dB en el nivel de la señal de TIP-VE. Este valor se ha medido y verificado mediante pruebas de campo. Dado que el mayor espacio para cumplir los criterios de protección es inferior a 17 dB, la coexistencia entre la radiodifusión y la actividad de carga de TIP-VE puede ser factible.

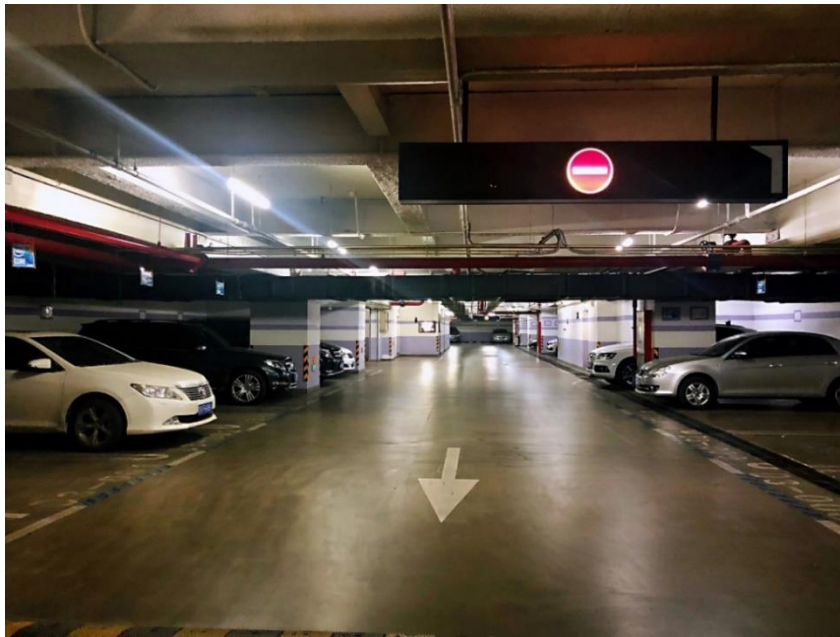
### A5.1.3 Evaluación con mediciones de campo

#### A5.1.3.1 Hipótesis características de despliegue de la TIP-VE en China

Los garajes subterráneos son muy populares en las zonas urbanas de China (véase la Fig. A5-9). Los distintos niveles de este tipo de garajes suelen tener una altura de 4~4,5 metros. Normalmente, los receptores de radio AM se utilizan en la planta baja, la cual se halla a un metro de altura del suelo, como mínimo.

FIGURA A5-9

Fotografía de un garaje subterráneo de China



#### A5.1.3.2 Evaluación subjetiva

En la Recomendación UIT-R BS.1284-1 se definen los criterios para la evaluación subjetiva de la calidad de sonido (CS). En ella se utilizan escalas de cinco notas para la evaluación subjetiva de la CS, conforme a lo indicado en el Cuadro A5-2.

CUADRO A5-2

Escala de apreciación para la evaluación subjetiva de la Recomendación UIT-R BS.1284-1

Calidad	Degradación
5 Excelente	5 Imperceptible
4 Buena	4 Perceptible, pero no molesta
3 Adecuada	3 Ligeramente molesta
2 Insuficiente	2 Molesta
1 Mala	1 Muy molesta

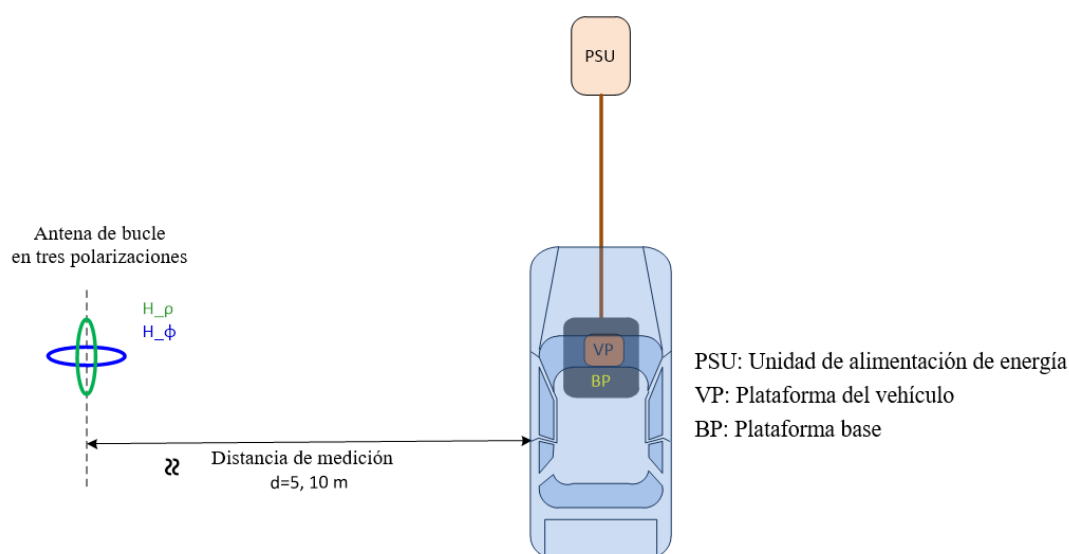
### A5.1.3.3 Configuración de la medición de radio

Se llevó a cabo una prueba de campo en una zona urbana de Shanghái (China). La configuración de la medición se ilustra en la Fig. A5-10. La medición se realizó de la siguiente manera:

- se utilizaron una antena de bucle y una de varilla para medir el campo H;
- se fijaron distancias de medición de 5 m y 10 m y, para un caso extremo, se aplicó una distancia de 3,4 m a título experimental;
- la frecuencia de carga se estableció en 85,5 kHz, 85,68 kHz y 85,2 kHz, respectivamente;
- la potencia de carga de la batería fue de 6,6 kW;
- la radio utilizada en la prueba fue una Tecsun PL-380; y
- se comparó la calidad subjetiva de la radio a la distancia seleccionada con y sin actividad de carga de TIP-VE.

FIGURA A5-10

Representación de la configuración de la radio en la prueba de campo



### A5.1.3.4 Resultados y análisis de la medición

En Shanghái hay un total de 9 canales AM. Cada canal tiene un ancho de banda de 9 kHz. Se seleccionaron meticulosamente dos canales en ondas hectométricas para efectuar las pruebas de interferencia armónica, que son los canales a los que pueden afectar los armónicos de la frecuencia de TIP-VE objeto de prueba. Los niveles de la señal de radiodifusión y la calidad del sonido de los canales de ondas hectométricas se midieron sin ninguna interferencia de TIP-VE, como se muestra en el Cuadro A5-3.

CUADRO A5-3

Niveles de señal de los canales en ondas hectométricas medidos en Shanghái

Canales en ondas hectométricas (kHz)	Nivel de la señal	Puntuación de la calidad sonora
855	Fuerte (94 dB $\mu$ V/m)	5
1 197	Fuerte (86,4 dB $\mu$ V/m)	4

El ruido ambiental del campo H medido fue de unos  $-17 \sim -13$  dB $\mu$ A/m/15 Hz alrededor de 850 kHz en la zona urbana de Shanghai. La intensidad del campo H del nivel de ruido ambiental en 9 kHz fue de  $10,8 \sim 14,8$  dB $\mu$ A/m aproximadamente. La intensidad de campo H se convirtió en intensidad de campo E, con una relación E/H de 51,5 dB $\Omega$ . La intensidad de campo E del nivel de ruido ambiental en 9 kHz fue de unos  $62,3 \sim 66,3$  dB $\mu$ V/m.

También se hicieron pruebas de la intensidad de campo de radiodifusión AM en la misma zona urbana de Shanghai. Según la prueba de campo, la intensidad de campo de radiodifusión AM debía ser, como mínimo, superior a 80 dB $\mu$ V/m para mantener la puntuación de la calidad del sonido de la radio por encima de 3 en una zona urbana representativa. Dado que el nivel de la señal de 855 kHz medida fue de unos 94 dB $\mu$ V/m, se estimó que la relación señal-interferencia del receptor de radio en el canal de 855 kHz con ruido ambiental sería de unos 27,7 dB  $\sim$  31,7 dB.

La señal de TIP-VE se midió a un metro de la plataforma base. La señal tenía una forma de onda continua con una intensidad de campo de unos 74,4 dB $\mu$ A/m. Se seleccionó una frecuencia central de 85,5 kHz, 85,68 kHz y 85,2 kHz respectivamente. El ancho de banda de la señal de 6 dB fue de aproximadamente 1 Hz, limitación debida a la resolución del equipo de prueba. Todos los armónicos fueron del tipo onda continua de ruido de banda muy estrecha.

Las formas de onda del canal AM medidas sin actividad de carga de TIP-VE se ilustran en las Figs. A5-11 y A5-12. Las formas de onda del canal AM medidas con actividad de carga de TIP-VE se ilustran en las Figs. A5-13 (Resultado de las mediciones de los canales AM ampliados (850 kHz) sin armónicos de TIP-VE) y A5-14 (Resultado de las mediciones de los canales AM ampliados (1 197 kHz) con armónicos de TIP-VE (la TIP-VE funciona a 85,68 kHz) a 10 m). La línea naranja indica la salida mediante la detección de cresta del analizador de espectro y la línea azul indica la salida mediante la detección media del analizador de espectro. La intensidad de campo de la señal de radiodifusión supera con creces a la de los armónicos de TIP-VE y el nivel de ruido ambiental en la zona urbana es elevado. No se observó ningún efecto significativo de la actividad de carga de TIP-VE en el ruido de fondo ambiental.

FIGURA A5-11

Resultado de las mediciones de los canales AM sin armónicos de TIP-VE

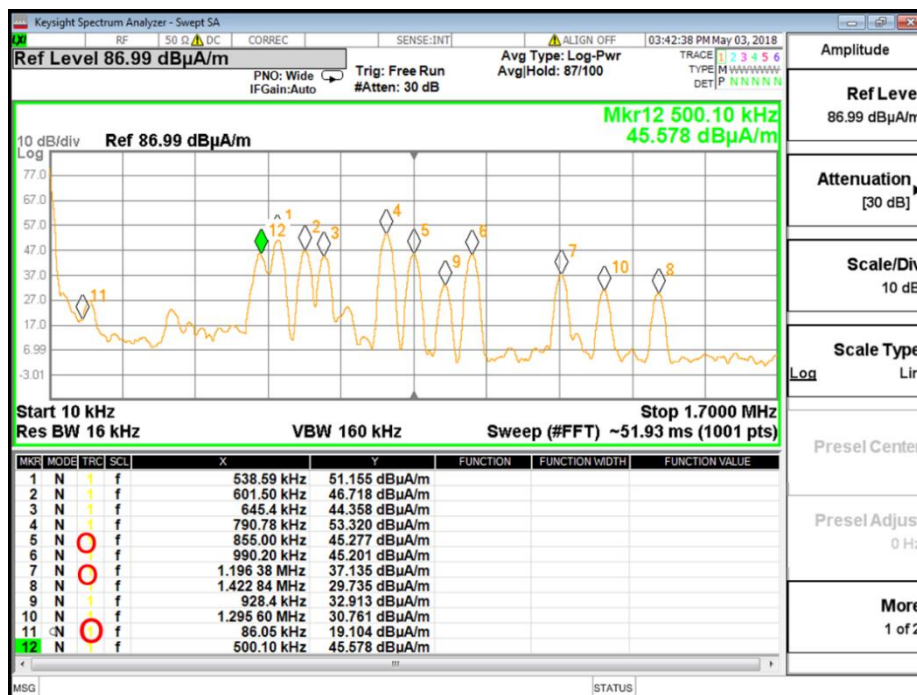


FIGURA A5-12

Resultado de las mediciones de los canales AM ampliados (855 kHz) sin armónicos de TIP-VE

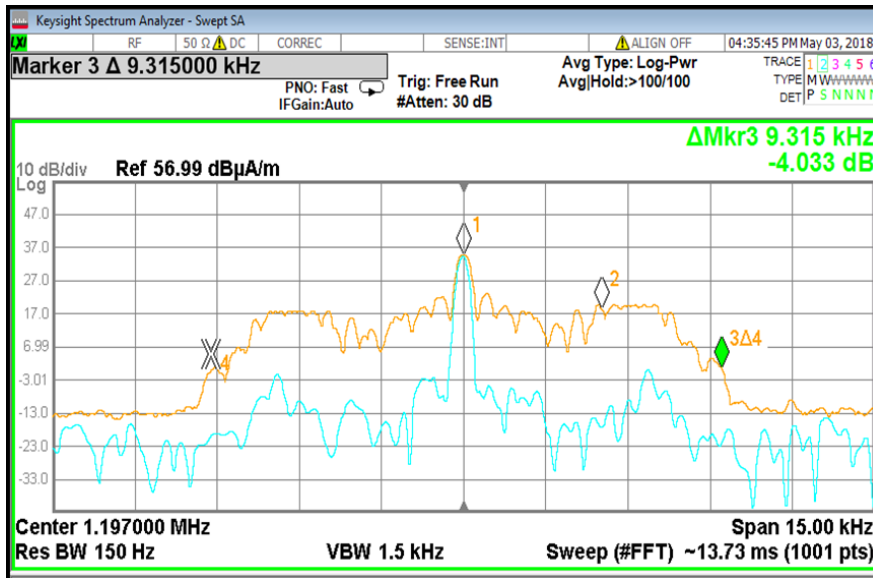


FIGURA A5-13

Resultado de las mediciones de los canales AM ampliados (855 kHz) con armónicos de TIP-VE (la TIP-VE funciona a 85,68 kHz) a 10 m

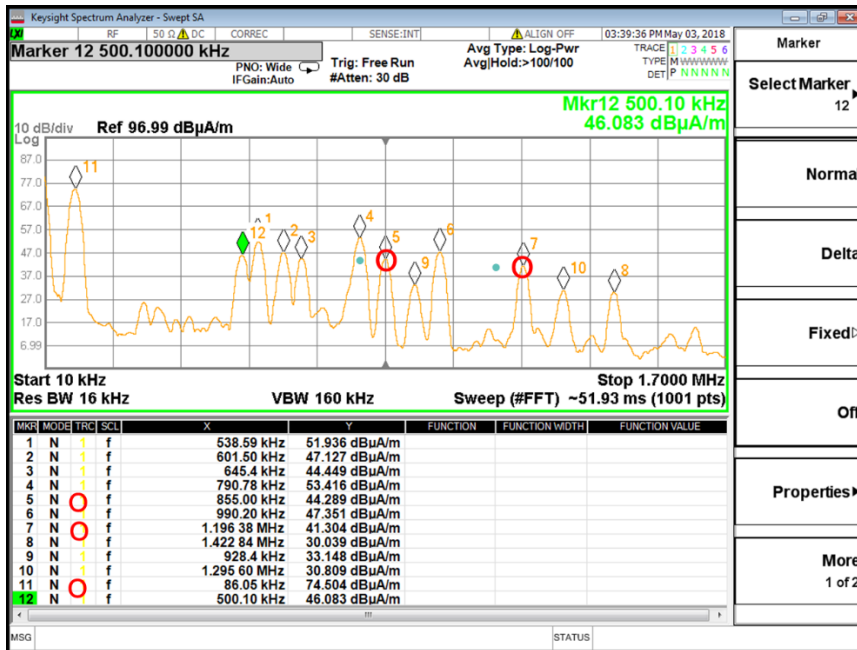


FIGURA A5-14

Resultado de las mediciones de los canales AM ampliados (1 197 kHz) con armónicos de TIP-VE (la TIP-VE funciona a 85,68 kHz) a 10 m

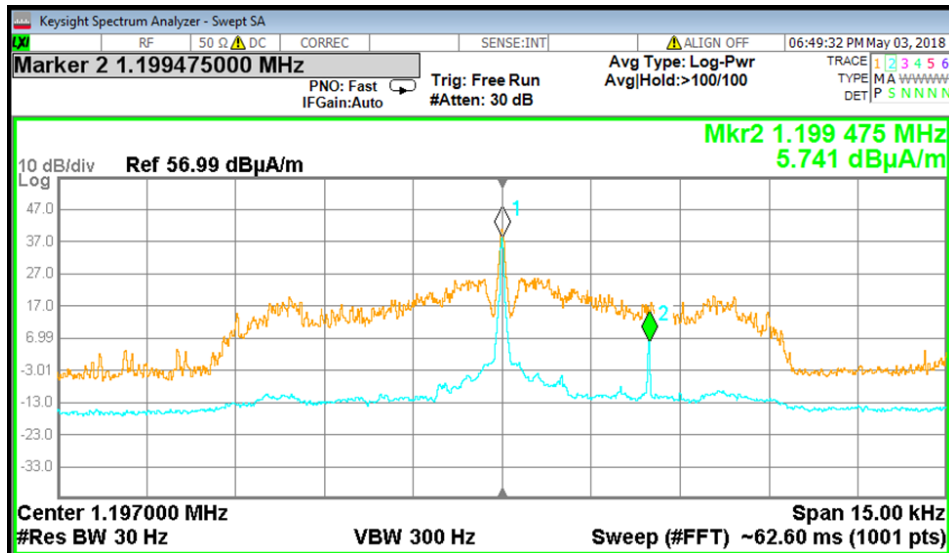
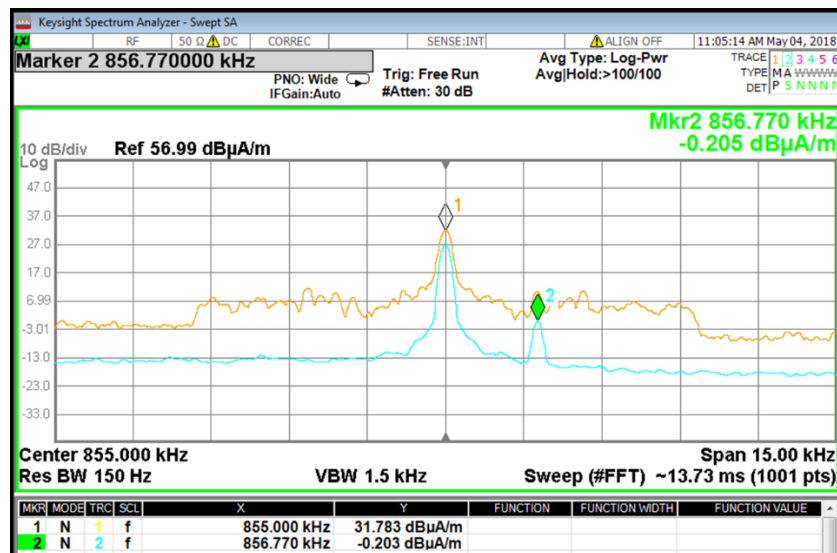


FIGURA A5-15

Resultado de las mediciones de los canales AM (a 855 kHz) con armónicos de TIP-VE (la TIP-VE funciona a 85,68 kHz) a 4,3 m



Cuando la frecuencia de funcionamiento de la actividad de carga de TIP-VE se fija en 85,5 kHz, el armónico de 10° orden se corresponde con la frecuencia 855 kHz y recae en el espacio de separación central entre la LSB y la USB del canal de radiodifusión AM a 855 kHz. De acuerdo con la Fig. A5-16, el ancho de ese espacio central del canal de 9 kHz es de aproximadamente 100 Hz ( $\pm 50$  kHz con respecto a la frecuencia central). La línea naranja indica la salida mediante la detección de cresta del analizador de espectro y la línea azul indica la salida mediante la detección media del analizador de espectro.

La forma de onda del canal de radiodifusión a 855 kHz se midió con actividad de carga de TIP-VE, según se indica en la Fig. A5-17, en la que se amplía el analizador de espectro. En términos similares, la línea naranja indica la salida mediante la detección de cresta del analizador de espectro y la línea azul indica la salida mediante la detección media del analizador de espectro. A continuación se muestra que los armónicos que recaen en el espacio de separación central no repercuten en la demodulación de la señal de audio LSB o USB. En la prueba subjetiva, la calidad del sonido no se vio afectada.

FIGURA A5-16

Resultado de las mediciones de los canales AM (855 kHz) sin armónicos de TIP-VE

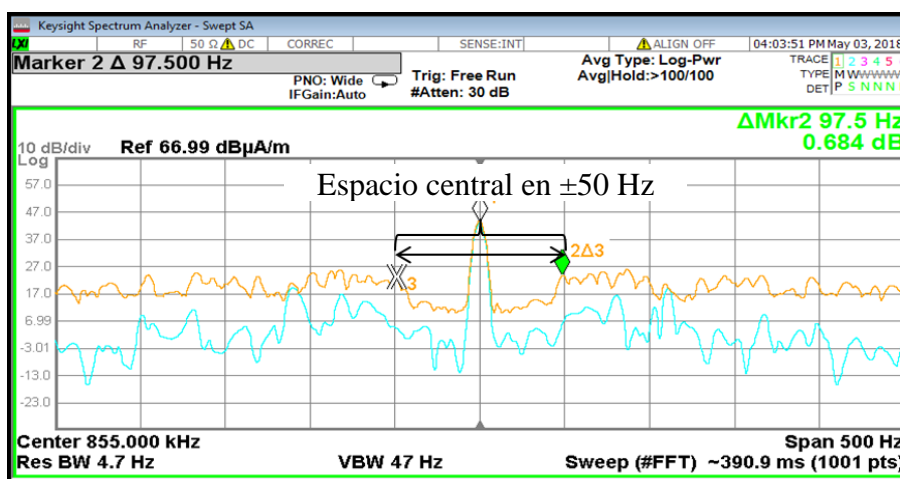
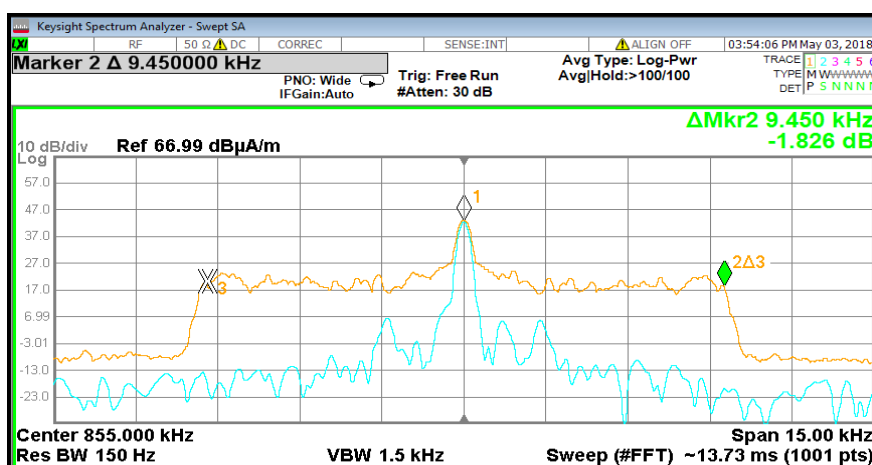


FIGURA A5-17

Resultado de las mediciones de los canales AM (855 kHz) con armónicos de TIP-VE (la TIP-VE funciona a 85,5 kHz)



En el Cuadro A5-4, se resumen los resultados de las pruebas subjetivas para varias configuraciones con diferentes distancias y diferentes canales. Un armónico de TIP-VE es un ruido de banda estrecha y su interferencia podría ser perceptible en los casos en que los armónicos son lo suficientemente elevados en un canal de radiodifusión, véase el de una radio situada muy cerca de un vehículo en proceso de carga (en la prueba, a menos de 3,4 m). Dado que la señal de radiodifusión en las zonas urbanas es fuerte, los armónicos no degradan la calidad del sonido, siempre y cuando la distancia sea superior a 3,4 metros. Para la frecuencia de funcionamiento de 85,68 kHz, su armónico de 10° orden recae en la USB del canal de 855 kHz, con un desplazamiento de 1,8 kHz desde el centro del canal de 855 kHz, y su armónico de 14° orden recae en la USB del canal de 1 197 kHz, con un desplazamiento de 2,52 kHz desde el centro del canal de 1 197 kHz.

En el caso más desfavorable puesto a prueba, la frecuencia de funcionamiento fue de 85,68 kHz y el canal AM observado fue el de 1 197 kHz (campo E de 86,6 dB $\mu$ V/m). La radio se situó a 3,4 m de distancia del vehículo en carga y la relación señal/ruido de señal AM a armónico fue de unos 23,9 dB. No se observó degradación alguna de la calidad del sonido. En cuanto a la frecuencia de funcionamiento de la TIP-VE de 85,5 kHz, no se observó degradación alguna de la calidad del sonido, ni siquiera con una distancia de 3 metros, ya que los armónicos recayeron en el espacio central de los canales AM.

CUADRO A5-4

## Resumen de los resultados de las pruebas de campo

Información sobre la frecuencia					Calidad de funcionamiento de la radio antes de la carga			Calidad de funcionamiento de la radio durante la carga		
Distancia (m)	Frec. de TIP (kHz)	Canal número	Frec. de canal (kHz)	Desplazamiento desde el centro de la frec. del canal AM (kHz)	Campo E AM (dB $\mu$ V/m)	Campo H AM (dB $\mu$ A/m)	CS de la radio	Campo H nocivo (dB $\mu$ A/m) CS de la radio S/N por campo H (dB)		
10	85,2	37	855	-3	94,2	42,7	5	< 2	5	40,0
10	85,5	37	855	0	94,2	42,7	5	Portadora AM interna	5	No identificado
3	85,5	37	855	0	94,2	42,7	5	Portadora AM interna	5	No identificado
10	85,5	75	1 197	0	86,6	35,1	4	Portadora AM interna	4	No identificado
3	85,5	75	1 197	0	86,6	35,1	4	Portadora AM interna	4	No identificado
10	85,68	37	855	1,8	94,2	42,7	5	6,3	5	36,4
5	85,68	37	855	1,8	94,2	42,7	5	14,0	5	28,7
4,3	85,68	37	855	1,8	83,3	31,8	5	5,3	5	26,5
10	85,68	75	1 197	2,52	86,6	35,1	4	3,0	4	32,1
5	85,68	75	1 197	2,52	86,6	35,1	4	6,2	4	28,9
4,6	85,68	75	1 197	2,52	86,6	35,1	4	6,8	4	28,3
3,4	85,68	75	1 197	2,52	86,6	35,1	4	11,2	4	23,9

Durante la prueba de campo, se procedió a observar la intensidad de campo AM, la cual debía rebasar los 80 dB $\mu$ V/m para mantener la puntuación de CS de la radio por encima de 3 en una zona urbana representativa. Las señales AM deben ser más elevadas en las zonas urbanas que en las rurales, debido al mayor ruido ambiental y a las pérdidas de propagación.

- En las zonas urbanas, las señales AM suelen rebasar los 80 dB $\mu$ V/m.
- En las zonas suburbanas, las señales AM suelen oscilar entre 70 dB $\mu$ V/m y 80 dB $\mu$ V/m.
- En las zonas rurales, las señales AM suelen oscilar entre 60 dB $\mu$ V/m y 70 dB $\mu$ V/m.

El análisis teórico se lleva a cabo con el nivel de señal AM ajustado, lo que resulta más realista en términos de niveles de ruido ambiental en zonas urbanas, suburbanas y rurales. Los resultados se muestran en el Cuadro A5-5. El margen se define como la ecuación (4) y es un valor negativo de la definición de «espacio» de la ecuación (3).



$$\text{Margen} = \text{Mín. intensidad de campo del Rx AM con una CS aceptable} - \text{intensidad de campo E del armónico de TIP-VE} - 26 \text{ dB} \quad (4)$$

## CUADRO A5-5

**Análisis del campo E y del margen de protección con 10 m de espacio libre en zonas de cobertura urbanas, suburbanas y rurales representativas**

Frecuencia (MHz)	Límites de emisiones no esenciales de EN 303 417 (dB $\mu$ A/m a 10 m)	E/H (dB $\Omega$ )	Límite de campo E convertido (dB $\mu$ V/m a 10 m)	Mín. intensidad de campo del Rx AM con una CS aceptable (dB $\mu$ V/m)	Margen (dB)
0,531	9,29	32,51	41,80	80,00 (zona urbana)	12,20
1,062	6,28	38,84	45,12		8,88
1,602	4,50	42,9	47,40		6,6
0,531	9,29	32,51	41,80	70,00 (zona suburbana)	2,2
1,062	6,28	38,84	45,12		-1,12
1,602	4,50	42,9	47,40		-3,4
0,531	9,29	32,51	41,80	60,00 (zona rural)	-7,8
1,062	6,28	38,84	45,12		-11,12
1,602	4,50	42,9	47,40		-13,40

Habida cuenta de que, en las zonas urbanas, todos los valores de margen son mayores que 0, el hecho de que los armónicos de TIP-VE alcancen el límite previsto en la norma ESTI EN 303 417 no significa que vayan a causar interferencia a las radio AM. En el caso de las zonas suburbanas y rurales, en lugar de realizar pruebas de campo, se llevó a cabo un análisis basado en el nivel de señal AM previsto. En estas dos últimas zonas, debido a que los valores de margen en algunos canales son inferiores a 0, puede requerirse una mayor atenuación, hasta un máximo de 13,4 dB. Ello puede deberse a la pérdida por penetración en paredes de garajes. De acuerdo con las pruebas de campo efectuadas en Shanghái, la atenuación debida a las paredes puede ser de unos 17 dB.

#### A5.1.4 Múltiples estaciones de TIP-VE

En este caso, la simulación de Monte Carlo permite evaluar la interferencia combinada de los armónicos de TIP-VE de múltiples estaciones de TIP-VE activas al mismo tiempo.

##### A5.1.4.1 Topología y supuestos

En lo que atañe a la interferencia combinada, el contexto urbano se considera el representativo. En las zonas suburbanas y rurales, debido a la baja densidad de despliegue de múltiples estaciones de TIP-VE, no es necesario estudiar esta cuestión.

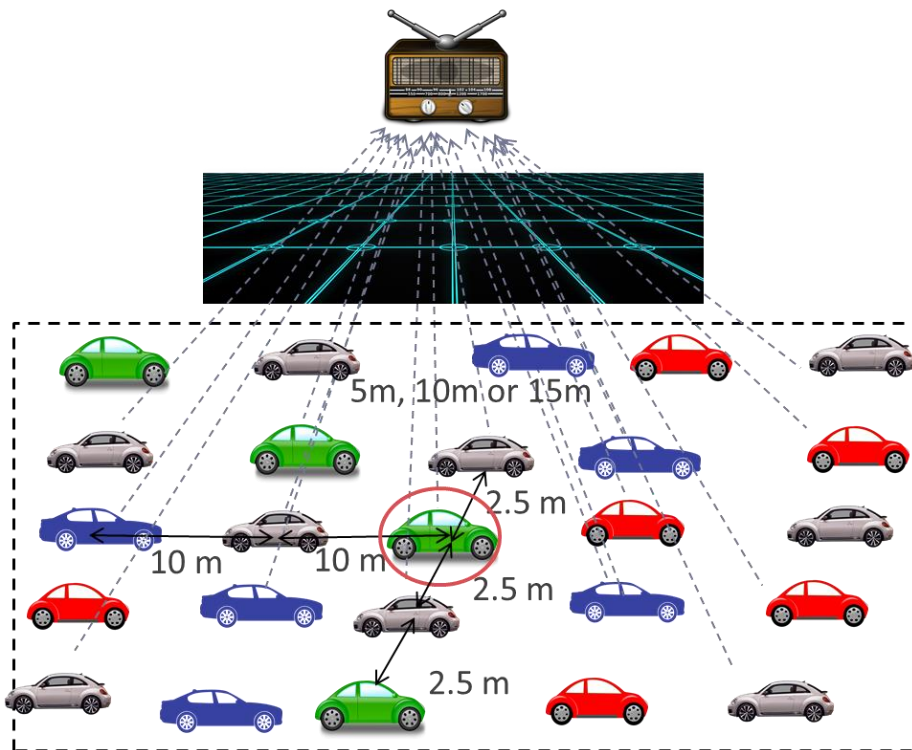
Un garaje subterráneo representa el contexto representativo de una zona urbana de China. El receptor de radio se halla en la planta baja. En este caso, se han simulado múltiples estaciones de TIP-VE activas al mismo tiempo. En la Fig. A5-18, el coche central está rodeado por dos capas (véase el círculo rojo, justo debajo de la radio) y se prevé un total de 25 coches. Se han simulado un máximo de cuatro capas alrededor del coche central con un total de 81 coches.

Se supone que cada aparcamiento tiene 2,5 metros de ancho, que el carril tiene 5 metros de ancho y que el vehículo tiene 5 metros de longitud. El espacio mínimo entre las plataformas de TIP-VE a través del carril es de 10 metros. La altura entre la radio y el primer nivel subterráneo es de 5 metros. La altura entre la radio y el segundo nivel subterráneo es de 10 metros. La altura entre la radio y el tercer nivel subterráneo es de 15 metros.

Dado que los suelos del garaje subterráneo son de cemento, se consideraron pérdidas debidas a la penetración en suelos de cemento. Este tipo de pérdidas suele distribuirse de forma aleatoria como  $N(\mu, \sigma^2)$ .  $\mu$  es el valor medio y, según la medición de campo, se supone que es de 17 dB.  $\sigma$  es la desviación estándar y, según un estudio académico relativo a otras gamas de frecuencias, se supone que es de 4 dB. Las pérdidas debidas a la penetración de cada piso se sumarían por separado.

En el marco de la simulación, se asume una densidad de despliegue extremadamente elevada, ya que, en principio, todas las plazas de aparcamiento soportan la TIP-VE y la carga simultánea. Considerando la tasa de penetración y la diferencia en el tiempo de carga, la densidad de estaciones de TIP-VE operativas al mismo tiempo debería ser menor que la supuesta en la simulación. Así pues, en condiciones reales, la interferencia debería ser menor.

FIGURA A5-18  
Topología de la interferencia combinada de armónicos de TIP-VE  
de múltiples estaciones en la simulación de Monte Carlo



#### A5.1.4.2 Metodología de la simulación de Monte Carlo

La simulación se llevó a cabo a partir de numerosas instantáneas. Con objeto de obtener dichas instantáneas, se siguieron los pasos detallados a continuación.

**Paso 1:** En primer lugar, se fijó la intensidad de campo  $E$  del coche central con arreglo al límite del Cuadro A5-1. Por ejemplo, se estableció un valor de  $41,8 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  a 10 metros y a una frecuencia de 531 kHz, denotado como  $E_1$ , en dominio lineal, esto es:

$$E_1 = 10^{\frac{41,8}{20}} \quad (5)$$

Para 1,062 MHz,  $E_1 = 10^{45,12/20}$ . Para 1,602 MHz,  $E_1 = 10^{47,4/20}$ .  $E_1$  es la intensidad de campo E de referencia.

**Paso 2:** Para cada estación de TIP-VE, se calculó la distancia  $d_n$  que la separaba del receptor de radio, de acuerdo con una topología determinada, siendo  $n$  la  $n^{\text{ésima}}$  estación de TIP-VE. A continuación, se estableció  $d_I = 10$  m como la distancia de referencia.

**Paso 3:** Se calculó la intensidad de campo E de cada estación de TIP-VE  $E_n$ , con arreglo a la distancia y al campo E del coche central (incluida la distancia mínima). Habida cuenta de que el campo E es un vector, se añadió una fase aleatoria.  $\varphi$  es un valor aleatorio distribuido uniformemente entre 0 grados y 360 grados.

$$E_n = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda}{2\pi d_n}\right)^2}}{\frac{d_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda}{2\pi d_1}\right)^2}}} \times E_1 \times (\cos(\varphi) + j\text{sen}(\varphi)) \quad (6)$$

$\lambda = 300/f$  es la frecuencia(MHz).

**Paso 4:** Para cada enlace, se redujeron las pérdidas debidas a la penetración en pisos.

$$E_n = E_n * 10^{(-\text{penetrationLoss}_{dB})/20} \quad (7)$$

**Paso 5:** Se calculó la interferencia combinada de la  $m^{\text{ésima}}$  instantánea.

$$E_{\text{aggregate},m_{th\_snapshot}} = \sum_n E_n \quad (8)$$

$$E_{\text{aggregate}_{dB\mu V},m_{th\_snapshot}} = 20 \times \log_{10}(|\sum_n E_n|) \quad (9)$$

**Paso 6:** Se calculó el valor  $E_{\text{average\_aggreate}_{dB\mu V}}$  promedio. Obsérvese que conviene agregarlo en el dominio lineal para obtener el promedio aritmético y, a continuación, convertirlo al dominio logarítmico.

$$E_{\text{average\_aggreate}_{dB\mu V}} = 20 \times \log_{10}\left(\frac{\sum_m |E_{\text{aggregate},m_{th\_snapshot}}|}{\text{total\_snapshot\_num}}\right) \quad (10)$$

$\text{total\_snapshot\_num}$  es el número total de instantáneas de la simulación.

#### A5.1.4.3 Resultados de la simulación

La interferencia combinada de las múltiples estaciones de TIP-VE en los niveles B1, B2 y B3 del garaje se simuló por separado. Los resultados de la simulación se resumen en los Cuadros A5-6, A5-7 y A5-8.

CUADRO A5-6

**Resultados de la simulación de campos E combinados de armónicos  
de TIP-VE en zona urbana para el nivel B1**

<b>Frecuencia de los armónicos (MHz)</b>	<b>Número de estaciones de TIP-VE activas</b>	<b>Intensidad de campo E combinada de los armónicos de TIP-VE en el receptor de radio (dB<math>\mu</math>V/m)</b>	<b>Mín. intensidad de campo de Rx AM con una CS aceptable (dB<math>\mu</math>V/m)</b>	<b>RSI (relación señal/interferencia) (Mín. intensidad de campo de Rx AM Intensidad de campo E combinada de los armónicos de TIP-VE) (dB)</b>
0,531	25	30,6	80,00 (zona urbana)	49,4
	49	31,3		48,7
	81	31,6		48,4
1,062	25	33,9	80,00 (zona urbana)	46,1
	49	34,7		45,3
	81	35,0		45,0
1,602	25	36,3	80,00 (zona urbana)	43,7
	49	37,0		43,0
	81	37,4		42,6

CUADRO A5-7

**Resultados de la simulación de campos E combinados  
de armónicos de TIP-VE en zona urbana para el nivel B2**

<b>Frecuencia de los armónicos (MHz)</b>	<b>Número de estaciones de TIP-VE activas</b>	<b>Intensidad de campo E combinada de los armónicos de TIP-VE en el receptor de radio (dB<math>\mu</math>V/m)</b>	<b>Mín. intensidad de campo de Rx AM con una CS aceptable (dB<math>\mu</math>V/m)</b>	<b>RSI (relación señal/interferencia) (Mín. intensidad de campo de Rx AM Intensidad de campo E combinada de los armónicos de TIP-VE) (dB)</b>
0,531	25	18,6	80,00 (zona urbana)	61,4
	49	20,3		59,7
	81	21,2		58,8
1,062	25	22,0	80,00 (zona urbana)	58,0
	49	23,8		56,2
	81	24,7		55,3
1,602	25	24,4	80,00 (zona urbana)	55,6
	49	26,3		53,7
	81	27,2		52,8

CUADRO A5-8

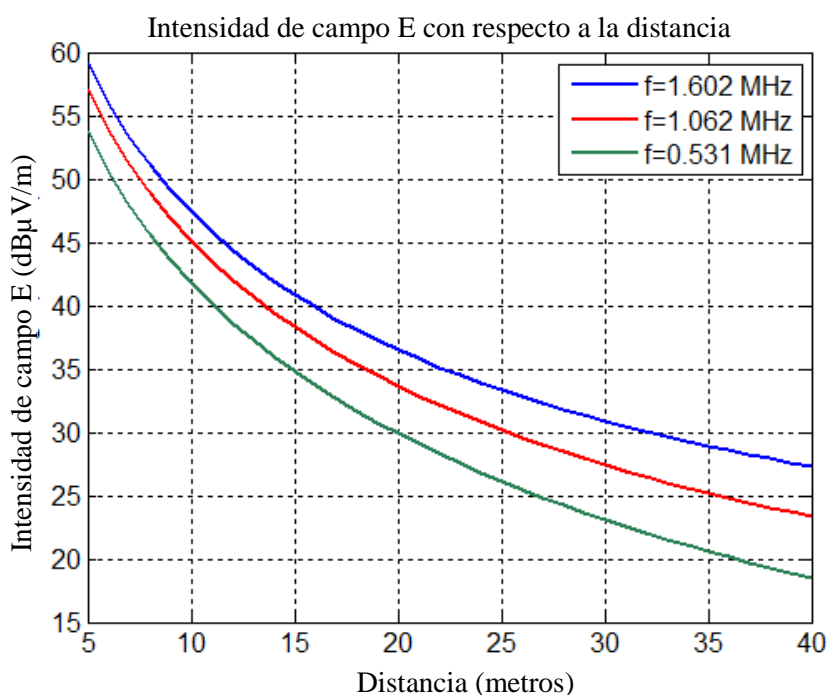
**Resultados de la simulación de campos E combinados de armónicos de TIP-VE en zona urbana para el nivel B3**

Frecuencia de los armónicos (MHz)	Número de estaciones de TIP-VE activas	Intensidad de campo E combinada de los armónicos de TIP-VE en el receptor de radio (dBμV/m)	Mín. intensidad de campo de Rx AM con una CS aceptable (dBμV/m)	RSI (relación señal/interferencia) (Mín. intensidad de campo de Rx AM Intensidad de campo E combinada de los armónicos de TIP-VE) (dB)
0,531	25	5,2	80,00 (zona urbana)	74,8
	49	7,4		72,6
	81	8,7		71,3
1,062	25	8,7	80,00 (zona urbana)	71,3
	49	10,9		69,1
	81	12,2		67,8
1,602	25	11,1	80,00 (zona urbana)	68,9
	49	13,5		66,5
	81	14,8		65,2

En un primer momento, en los casos en que la estación de TIP-VE está más lejos del receptor de radio, la intensidad de campo E de sus armónicos queda atenuada de forma natural por las pérdidas debidas al trayecto que entraña una distancia más larga, conforme ilustra la Fig. A5-19.

FIGURA A5-19

Atenuación de la intensidad de campo E con la distancia en el campo cercano



En segundo lugar, la pérdida debida a la penetración en suelos contribuye a la atenuación. A causa de las pérdidas debidas a la penetración en suelos de cemento, la interferencia combinada en los niveles superiores dominará la interferencia combinada total. Por ejemplo, si el garaje de un edificio se divide en los niveles B1/B2/B3, la interferencia combinada de TIP-VE del nivel B1 superará en 12 dB a la del nivel B2 y en 22 dB a la del nivel B3. En este caso, la interferencia combinada del nivel B1 es la dominante.

Si se utiliza la frecuencia 1,602 MHz a modo de ejemplo:

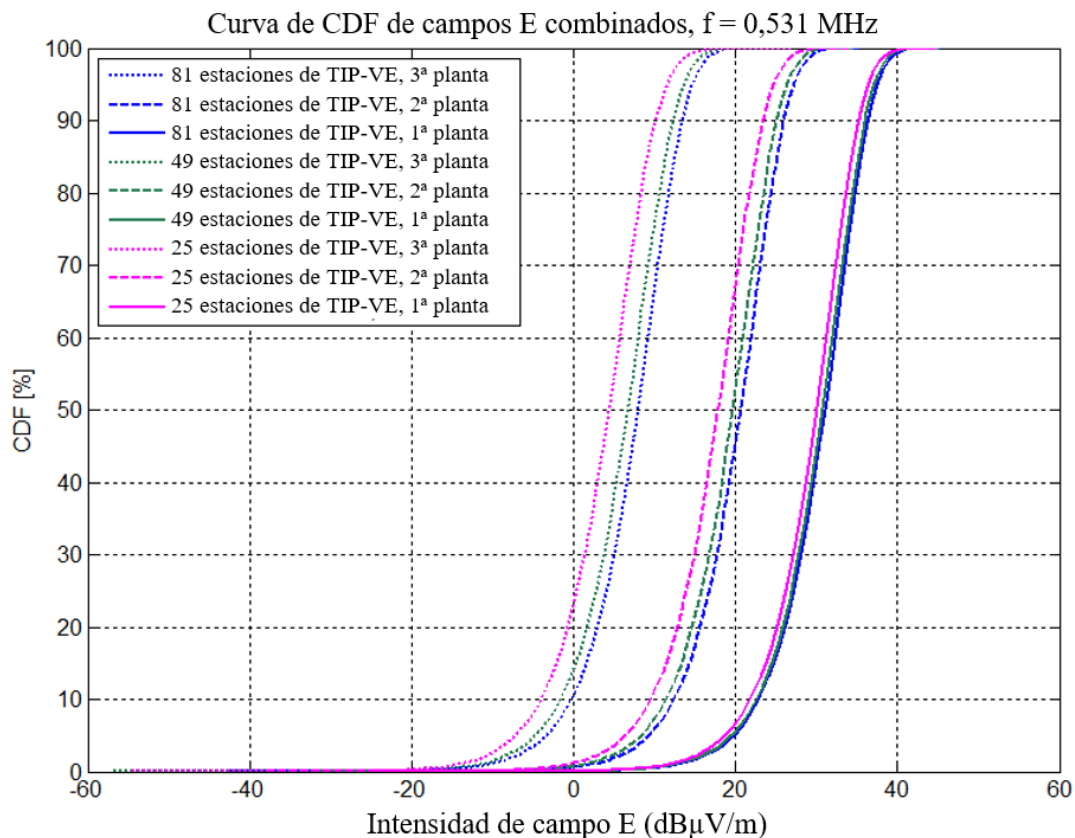
- la interferencia combinada del nivel B1 con 81 estaciones de TIP-VE es de 37,4 dB $\mu$ V/m;
- la interferencia combinada total de los niveles B1 y B2, que suman 182 estaciones de TIP-VE, es de 39,7 dB $\mu$ V/m; y
- la interferencia combinada total de los niveles B1, B2 y B3, que suman 243 estaciones de TIP-VE, es de 40,2 dB $\mu$ V/m.

La RSI en el receptor de radio en los niveles B1/B2/B3 es de unos 39,8 dB, lo que supera con creces los 26 dB. Si los niveles del garaje subterráneo empiezan en la planta B2 y en plantas inferiores, a 1,602 MHz y con 81 estaciones de TIP-VE por planta, la interferencia combinada total del nivel B2 con 182 estaciones de TIP-VE es de 29,1 dB $\mu$ V/m. La RSI en el receptor de radio en los niveles B2/B3 es de unos 50,9 dB, lo que supera con creces los 26 dB.

La Fig. A5-20 ilustra la curva de CDF de la interferencia combinada de los armónicos de TIP-VE y muestra más datos estadísticos sobre interferencias combinadas. Incluso en el caso más desfavorable (81 estaciones de TIP-VE en el nivel B1), el 99% de la interferencia combinada es inferior a 40 dB $\mu$ V/m y la RSI sigue siendo superior a 40 dB en la zona urbana.

FIGURA A5-20

Curva de CDF de la interferencia combinada de los armónicos de múltiples estaciones de TIP-VE



Por consiguiente, puede concluirse que la interferencia combinada de los armónicos de múltiples estaciones de TIP-VE no causará interferencia perjudicial a un receptor de radio en una zona urbana.

## **A5.2 Estudios de los efectos de la TIP-VE sobre el sistema Loran en China**

En este estudio se analizan las emisiones de TIP-VE de los vehículos ligeros y la coexistencia con el sistema Loran-C a 90-110 kHz, con el objetivo de identificar y cuantificar el riesgo de interferencia con el servicio actual basado en Loran-C que se utiliza en China.

El Grupo de Trabajo CCSA TC5 WG8 sugirió que las características técnicas y los criterios de protección de Loran-C/Chayka se basaran en la Recomendación UIT-R M.589-3 [8][9][10]. Al mismo tiempo, [9] señaló que ya se había emprendido la planificación de la investigación en eLoran en China. En esta contribución se estudia principalmente la coexistencia entre la TIP-VE y el sistema Loran-C (u otros sistemas con criterios de protección similares).

A tal efecto, se aplicó una metodología de evaluación conservadora, que consistió en extrapolar el campo H al campo E a larga distancia con una caída en el campo  $E/H + H$  de 60 dB/dec. Se trata de una metodología ampliamente aceptada y utilizada.

En el estudio se abordan varios factores clave. Se estudió la gama de frecuencias de carga 79-90 kHz, incluidos sus armónicos de 2º orden, y se utilizaron las especificaciones técnicas de las Recomendaciones UIT-R M.589-3 [8] y UIT-R P.372-13 [10], así como de la contribución de la CCSA sobre Loran-C y eLoran [9], entre otros documentos. También se aplicó el nivel de señal más bajo (45 dB $\mu$ V/m) en el límite de la zona cobertura en la que se necesitaría un receptor Loran.

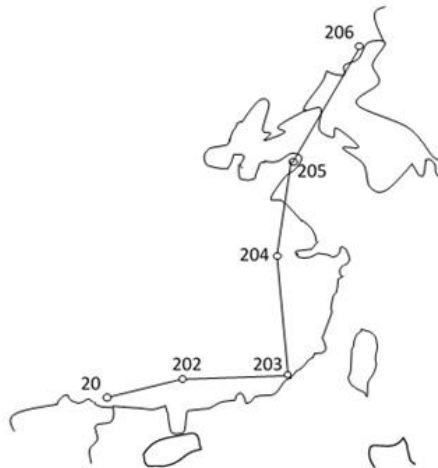
La conclusión de este estudio es que no existe riesgo alguno de que los receptores Loran en zonas de cobertura marítima sufran interferencias procedentes de estaciones de TIP-VE, con independencia del número de estaciones existentes, si estas últimas funcionan en la gama de frecuencias 79-90 kHz. Las estaciones de TIP-VE deben ajustarse a la gama de potencia definida en la norma CIS/B/687/CDV y observar los límites de emisiones radiadas de campo H definidos en la misma.

### **A5.2.1 Criterios de protección del sistema y del receptor Loran en China**

#### **A5.2.1.1 Descripción general del sistema Loran**

La ubicación de los transmisores de los sistemas Loran-C se ilustra en la Fig. A5-21. Hay seis transmisores Loran a lo largo de las líneas costeras del este y del sur, y tres cadenas que cubren los mares del norte, del este y del sur. La potencia media de transmisión es de 40 kW (5 km en tierra). La gama de cobertura es de 900-1 300 millas náuticas.

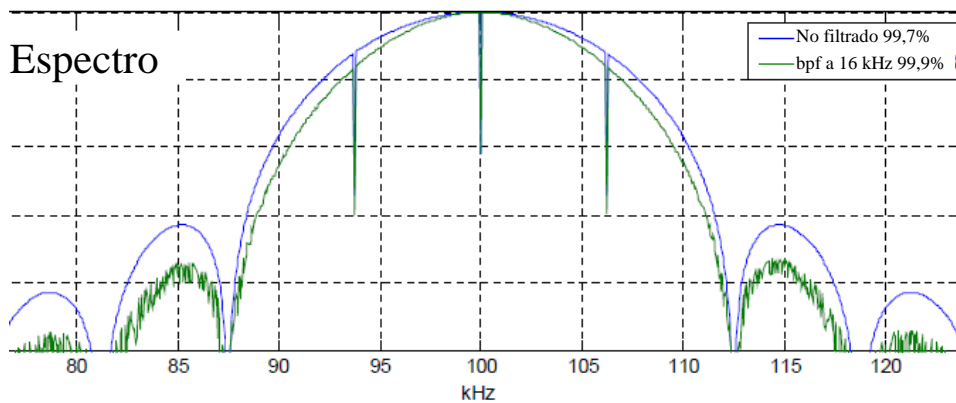
FIGURA A5-21  
Ubicación de las estaciones del sistema Loran-C en China



Las características técnicas de la señal Loran-C se ilustran en la Fig. A5-22. La señal está centrada (> 99%) a 100 kHz, con un ancho de banda de 20 kHz, y puede seguir funcionando con un ruido ambiental 10 dB superior a la propia señal.

Para mantener la calidad de la demodulación, se requiere una relación  $S/N$  dentro de la banda de 20 dB.

FIGURA A5-22  
Representación de la forma de onda de la señal Loran-C





### A5.2.1.2 Criterios de protección

Los criterios de protección contra la interferencia dentro y fuera de la banda se ilustran en las Figs. A5-23 y A5-24 [8].

La peor curva (cuasi sincronía) se utiliza para calcular el riesgo de interferencia.

FIGURA A5-23

#### Criterios de protección Loran-C/CWI

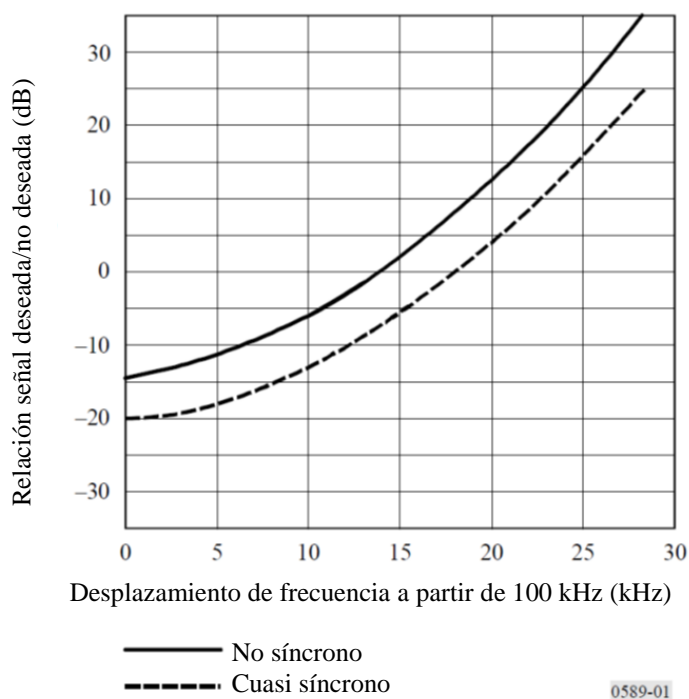
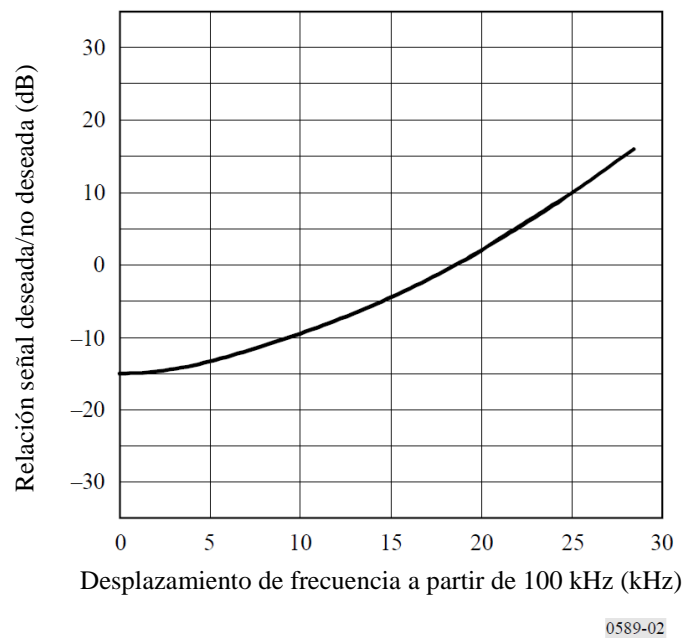


FIGURA A5-24

#### Criterios de protección Loran-C/FSK



## A5.2.2 Estudio de coexistencia

### A5.2.2.1 Características técnicas de la TIP-VE

El CEC (Consejo de Electricidad de China) hizo el estudio sobre la utilización de la frecuencia del sistema TIP para automóviles de pasajeros y vehículos ligeros. Como resultado, la industria llegó a la conclusión de que 79-90 kHz es la opción más adecuada para esas aplicaciones en China.

La TIP-VE no es un servicio de radiocomunicaciones y su energía eléctrica se transfiere principalmente desde la estación de recarga hasta el vehículo por acoplamiento magnético local a una distancia muy corta. La reglamentación relativa a los DCA u otros reglamentos para servicios de radiocomunicaciones no debe aplicarse a las TIP, dado que ésta que conlleva comunicaciones ni transmisión de datos.

En el estudio de la coexistencia hemos aplicado el límite propuesto por el CISPR de 82,8 dB $\mu$ A/m de la intensidad de magnitud de cresta en la frecuencia de funcionamiento. A partir de los resultados de la medición, se calcula la magnitud de cresta para otras separaciones de frecuencia. En los sistemas reales, el nivel de emisión debe ser menor que el límite del CISPR. Por consiguiente, nuestro estudio corresponde al caso más desfavorables en términos de la emisión.

### A5.2.2.2 Atenuación de la señal Loran con la distancia

Hemos recurrido para el estudio al modelo de emisión isotrópica. La potencia Tx de la señal de Loran es muy fuerte y el sistema es capaz de dar cobertura a miles de kilómetros. Según la Recomendación UIT-R M.589-3 [8], se debe alcanzar un mínimo de 45 dB $\mu$ V/m en el límite de cobertura en 90-110 kHz.

A 79-90 kHz, la emisión TIP debe estar por debajo de la intensidad de la señal de Loran y cumplir los criterios de protección contra la interferencia descritos en [12].

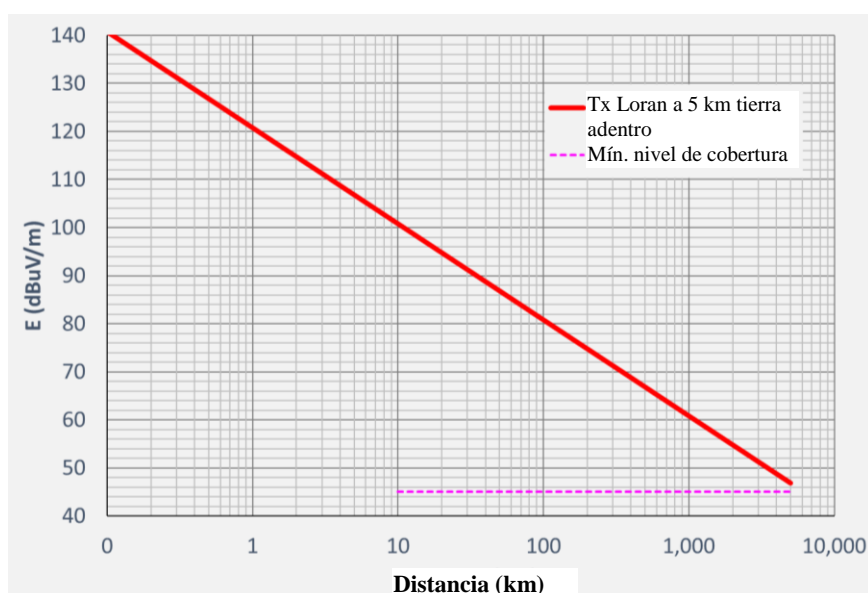
CUADRO A5-9

#### Nivel de potencia de protección para la intensidad de la señal Loran a diversas frecuencias

Frecuencia (kHz)	Cobertura mínima intensidad de E (dB $\mu$ V/m)	Criterios de protección Loran-C/CWI (casi síncrono N/S)	Ruido aceptable en el receptor Loran-C/CWI (dB $\mu$ V/m)
81,38	45	4	49
81	45	2	47
85	45	-5	40
88	45	-10	35
90	45	-13	32

FIGURA A5-25

Intensidad de campo del sistema Loran típico en China (40 kW)

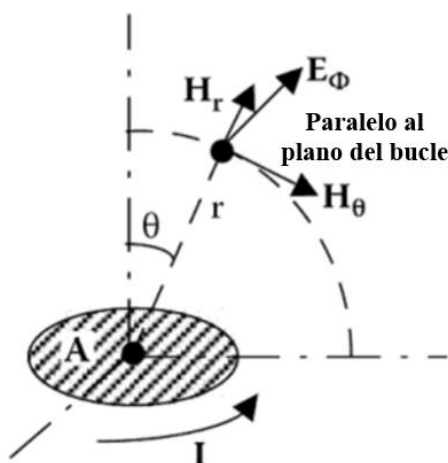


### A5.2.2.3 Análisis de datos

Dado que la fuente de emisión de la TIP-VE es la bobina, el campo H será dominante en la emisión en el campo cercano. Los campos H decaen de manera diferente dependiendo de las condiciones de del suelo, por ejemplo, tierra o agua. A fin de simplificar el análisis, se considerará como caso más desfavorable el de espacio libre. Puede demostrarse que los campos H decaen paulatinamente desde 60 dB/dec en la región del campo cercano definida por  $\lambda/2\pi$ , hasta los 20 dB/dec en la región del campo lejano. En cada región, la intensidad de campo E de una estación TIP-VE se convierte en  $E/H$  como se muestra en la Fig. A5-7. La  $E/H$  y la emisión se evalúan mediante un modelo de bucle en el espacio libre. El modelo ha sido verificado tanto por medición como por simulación. La antena del bucle pequeño es un bucle cerrado como se muestra en la Fig. A5-26.

FIGURA A5-26

Radiación de un bucle pequeño



En el caso de las radiaciones del modelo de bucle pequeño, los campos E y H pueden describirse aproximadamente mediante las siguientes ecuaciones [14]:

$$E_{\phi}(V/m) = \pi Z_0 \frac{IA}{\lambda^2 r} \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^2} \sin \theta \quad (11)$$

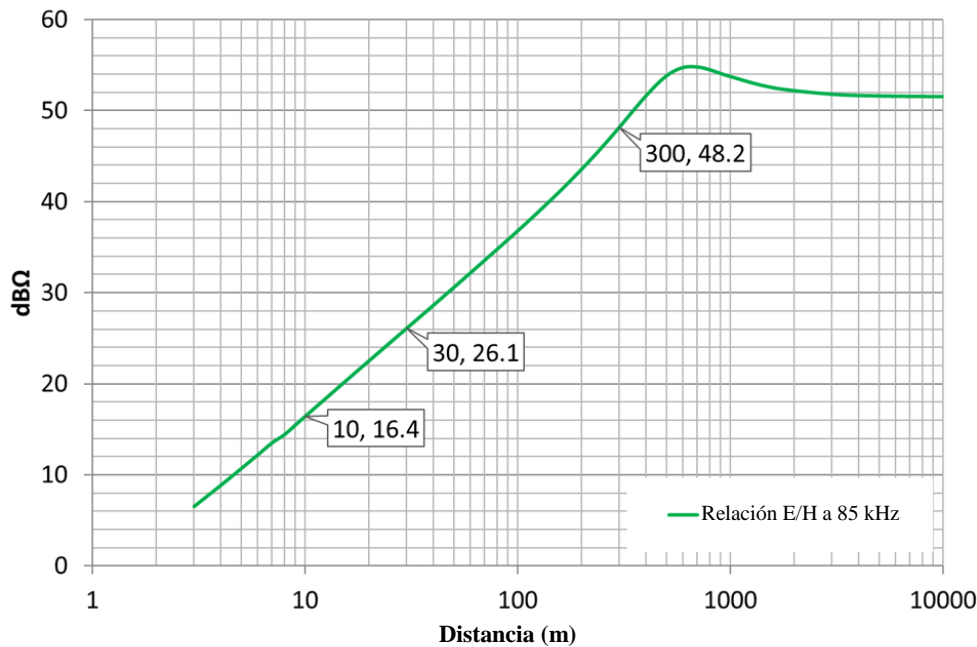
$$H_{\theta}(A/m) = \pi \frac{IA}{\lambda^2 r} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^4} \sin \theta \quad (12)$$

siendo:

- $I$ : corriente del bucle (A, amperios)
- $A$ : área del bucle ( $m^2$ )
- $\lambda$ : longitud de onda (m),  $\lambda = 300/f$ ,  $f$ : frecuencia (MHz)
- $r$ : distancia al punto de observación (m)
- $Z_0$ : impedancia en el espacio libre,  $377 \Omega$ .

FIGURA A5-27

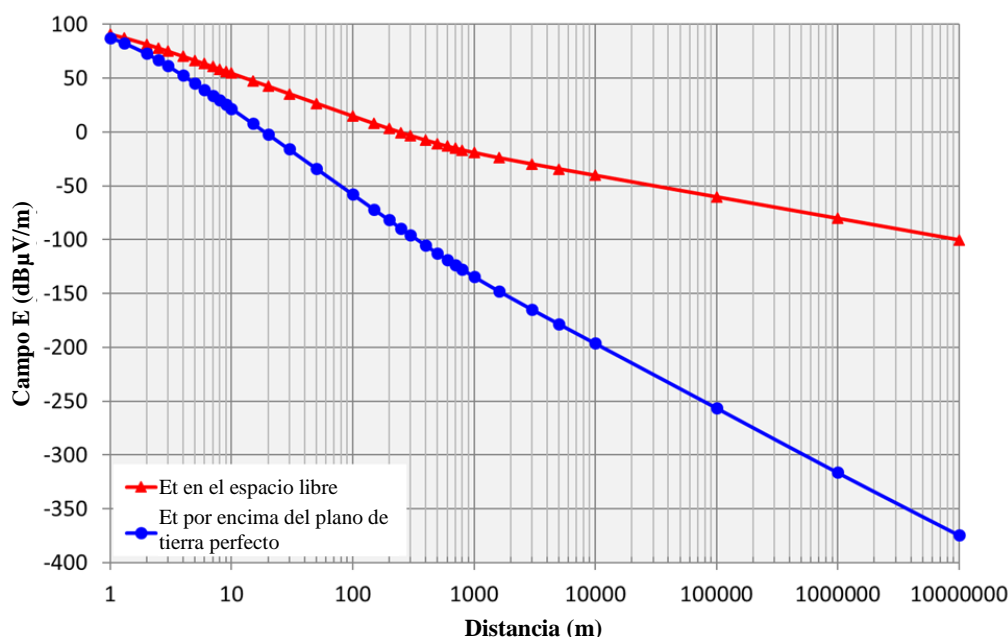
Relación E/H respecto de la distancia por un bucle en el espacio libre



En este modelo puede llegarse a la conclusión de que el campo H, en el que la TIP es dominante, decae a razón de 60 dB/dec hasta donde termina la región del campo cercano, alrededor de  $\lambda/2 \pi$  y, después de la región de transición, la pendiente desciende paulatinamente hasta los 20 dB/dec en la región del campo lejano. Dado que el agua de mar puede considerarse casi conductora, su efecto está entre el del CEP (conductor eléctrico perfecto) y el del espacio libre, de modo que el campo H y el campo E decaen con mayor rapidez que en el modelo de espacio libre puro, por lo que la pendiente se encuentra entre la del espacio libre y la del CEP, como se muestra en la Fig. A5-28.

FIGURA A5-28

Campo E por unidad AT (amperios-vuelta) del bucle fuente



CUADRO A5-10

Intensidad de la señal TIP-VE a distintas frecuencias y distancias

Parámetros del sistema Loran				coex@10 m			
Frec. (kHz)	Cobertura mín. campo E (dBµV/m)	Criterios de protección C/CWI Loran (cerca N/S síncrono)	Campo E aceptable en el receptor C/CWI Loran	Relación E/H @10 m, modelo por bucle	H@10 m (dBµA/m) (EV@7 kW)	E convertido @10 m (dBµV/m)	Margen a 10 m (dB)
81,38	45	2	47	16,00	22	38,0	9,00
85	45	-5	40	16,42	22	38,4	1,58
88	45	-10	35	16,72	22	38,7	-3,72
<b>90</b>	<b>45</b>	<b>-13</b>	<b>32</b>	16,92	82	98,9	<b>-66,92</b>
<b>95</b>	<b>45</b>	<b>-18</b>	<b>27</b>	17,39	22	39,4	<b>-12,39</b>
<b>100</b>	<b>45</b>	<b>-20</b>	<b>25</b>	17,83	22	39,8	<b>-14,83</b>
170	45	60	105	22,45	52	74,5	30,55

Parámetros del sistema Loran				coex@100 m			
Frec. (kHz)	Cobertura mín. campo E (dBµV/m)	Criterios de protección C/CWI Loran (cerca N/S síncrono)	Campo E aceptable en el receptor C/CWI Loran	Relación E/H @100 m, modelo por bucle	H@100 m (dBµA/m) (EV@7 kW)	E convertido @100 m (dBµV/m)	Margen a 100 m (dB)
81,38	45	2	47	36,4	-38	-1,60	48,60
85	45	-5	40	36,8	-38	-1,20	41,20
88	45	-10	35	37,1	-38	-0,90	35,90
<b>90</b>	<b>45</b>	<b>-13</b>	<b>32</b>	37,3	22	59,30	<b>-27,30</b>
<b>95</b>	<b>45</b>	<b>-18</b>	<b>27</b>	37,8	-38	-0,20	27,20
<b>100</b>	<b>45</b>	<b>-20</b>	<b>25</b>	38,3	-38	0,30	24,70
170	45	60	105	43,6	-8	35,60	69,40

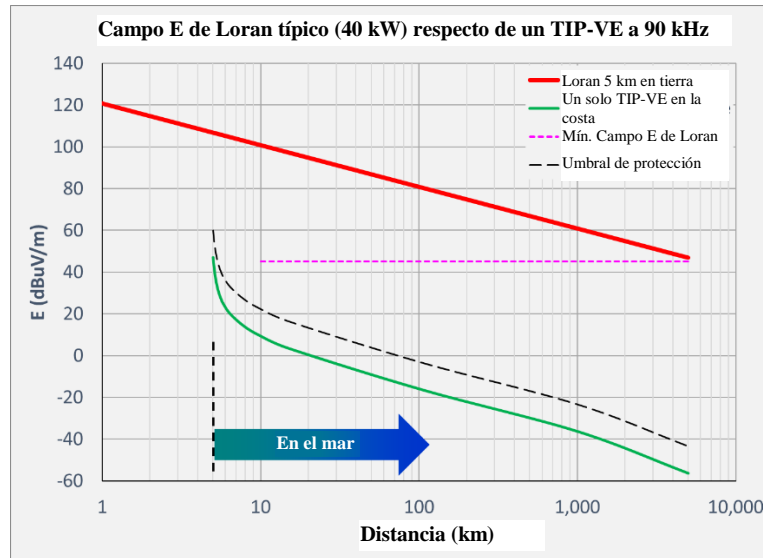
Parámetros del sistema Loran				coex@1 km			
Frec. (kHz)	Cobertura mín. campo E (dBµV/m)	Criterios de protección C/CWI Loran (cerca N/S síncrono)	Campo E aceptable en el receptor C/CWI Loran	Relación E/H @1 km, modelo por bucle	H@1 km (dBµA/m) (EV@7 kW)	E convertido @1 km (dBµV/m)	Margen a 1 km (dB)
81,38	45	2	47	53,4	-98	-44,60	91,60
85	45	-5	40	53,7	-98	-44,30	84,30
88	45	-10	35	53,7	-98	-44,30	79,30
<b>90</b>	<b>45</b>	<b>-13</b>	<b>32</b>	53,6	-38	15,60	16,40
<b>95</b>	<b>45</b>	<b>-18</b>	<b>27</b>	53,4	-98	-44,60	71,60
<b>100</b>	<b>45</b>	<b>-20</b>	<b>25</b>	53,3	-98	-44,70	69,70
170	45	60	105	53,2	-68	-14,80	119,80

### A5.2.3.3.1 TIP-VE sencillo

La señal de Loran (en color rojo) es mucho más alta que una señal TIP a 79-90 kHz (verde) en el mar. Los armónicos y otras emisiones no deseadas de la señal TIP serán al menos 40 dB más pequeños que la señal TIP, cumpliendo así los criterios de protección más desfavorables a 90 kHz, por lo que no habrá riesgo de causar interferencia a los receptores de Loran en el mar. Incluso la señal mínima de Loran en el límite de la cobertura es mucho más mayor que los criterios de protección respecto de la emisión atenuada de la TIP-VE, como se muestra en la Fig. A5-29.

FIGURA A5-29

Intensidad de campo del sistema Loran típico en China y una sola emisión TIP-VE

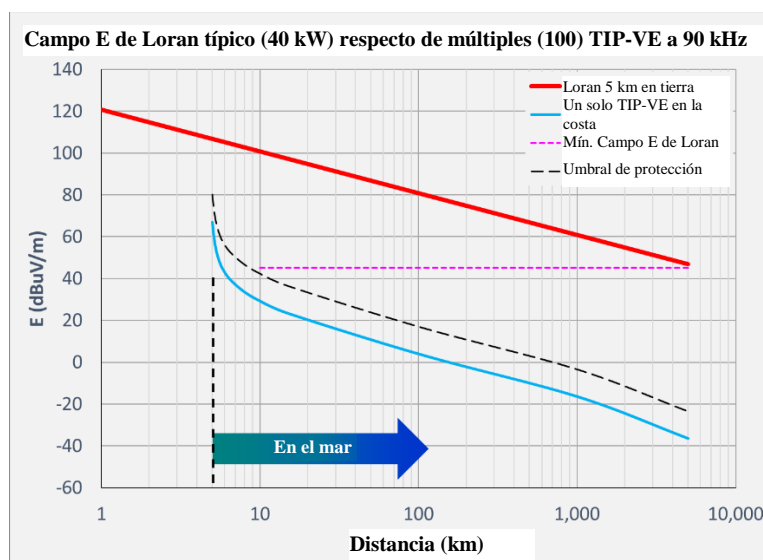


### A5.2.3.3.2 TIP-VE múltiple

En el peor de los casos, supongamos que hay 100 TIP-VE en funcionamiento en el mismo emplazamiento. La totalidad de las emisiones se combinan por todas las TIP-VE (la agregación real debería ser mucho menor debido a la diferencia de distancia, fase y tiempo de cada TIP-VE). Como se muestra en la Fig. A5-29, la señal de Loran (en color rojo) es mucho mayor (~70 dB) que las emisiones combinadas de múltiples TIP a 79-90 kHz (en azul claro) a todas las distancias excepto cerca de TIP. Además, las emisiones no deseadas en conjunto y los armónicos de 79-90 kHz de múltiples TIP-VE serán al menos 40 dB inferiores a las señales TIP combinadas, por lo que no habrá riesgo de causar interferencia a los receptores Loran en el mar.

FIGURA A5-30

Intensidad de campo del sistema Loran típico en China y múltiples emisiones TIP-VE



### A5.2.3 Conclusión

En este estudio se han investigado las emisiones y la intensidad de campo en la gama de frecuencias de recarga de 79-90 kHz, incluyendo los segundos armónicos de la TIP-VE. Los criterios de protección del sistema Loran-C se refieren a las Recomendaciones UIT-R M.589-3 y UIT-R P.372-13. Se utiliza el nivel de señal más pequeño (45 dB $\mu$ V/m) en el límite de cobertura donde se necesitaría un receptor Loran. Las conclusiones del estudio son las siguientes:

En el caso de un solo TIP-VE, no habrá riesgo de que la señal de recarga de la TIP-VE cause interferencia a los receptores Loran bajo cobertura marina.

TIP-VE múltiple: No habrá riesgo de que la señal de recarga de múltiples TIP-VE cause interferencia a los receptores Loran con pequeña cobertura marina, ya sea en uno o en varios emplazamientos en tierra.

En el caso de una sola estación TIP-VE, las emisiones no deseadas y los armónicos de la señal TIP serán al menos 40 dB inferiores a la señal TIP, por lo que no habría riesgo de que las emisiones no deseadas y los armónicos de la señal TIP-VE causen interferencia a los receptores Loran en el mar.

En el caso de múltiples estaciones TIP-VE, el efecto combinado de las emisiones no deseadas y los armónicos de la señal TIP-VE será al menos 40 dB inferior a la señal TIP combinada, por lo que no habrá riesgo de que las emisiones no deseadas y los armónicos de la señal TIP-VE causen interferencia a los receptores Loran en el mar. Las conclusiones anteriores se aplican a múltiples estaciones TIP-VE a una frecuencia de funcionamiento de 79-90 kHz en la gama de potencia definida por la norma CIS/B/687/CDV y que cumplen los límites de emisión radiada del campo H definidos en la misma.

**A5.3 Referencias**

- [1] Recomendación UIT-R BS.560-4 – *Relaciones de protección en radiofrecuencia para la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas*
- [2] Recomendación UIT-R BS.703-0 – *Características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de amplitud para fines de planificación*
- [3] China national standard, GB 2017-80, «MF broadcast network coverage technology»
- [4] ESTI EN 303 417 V1.1.1 (2017) «Wireless power transmission systems, using technologies other than radio frequency beam, in the 19-21 kHz, 59-61 kHz, 79-90 kHz, 100-300 kHz, 6 765-6 795 kHz ranges; Harmonized Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU»
- [5] Xingcun Colin Tong, «Advanced Materials and Design for Electromagnetic Interference Shielding»
- [6] Recomendación UIT-R BS.1284-1 – *Métodos generales para la evaluación subjetiva de la calidad de sonido*
- [7] SCHWENGLER, T.; GILBERT, M., «Propagation Models at 5.8 GHz – Path Loss & Building Penetration», [Radio and Wireless Conference, 2000. RAWCON 2000. 2000 IEEE](#)
- [8] Recomendación UIT-R M.589-3 – *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*
- [9] TC5\_WG8\_2017\_080, «Loran-C and e-Loran»
- [10] Recomendación UIT-R P.372-13 – *Ruido radioeléctrico*
- [11] Informe UIT-R SM.2303 – *Transmisión inalámbrica de potencia mediante tecnologías distintas de las de haces radioeléctricos*
- [12] CISPR 11, «Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement»
- [13] CIS/B/687/CDV, «Supplement of CISPR 11 with requirements for air-gap wireless power transfer (WPT) – Comments on the limit values for Class B equipment in frequency ranges of 9 kHz to 150 kHz»
- [14] COLIN TONG, X., «Advanced Materials and Design for Electromagnetic Interference Shielding»



## Anexo 6

### Estudios sobre los efectos en Corea de la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz

#### A6.1 Estudios sobre los efectos a los servicios FPSH causados por la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz

##### A6.1.1 Introducción

La República de Corea ha medido la potencia de emisión de los equipos de TIP que funcionan en la banda de 20/60 kHz de la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz y se informa del resultado de esta medición a la anterior reunión del GT 1B del UIT-R (GT 1B-1).

En el Cuadro 6/9.1.6 2 (véase el § 6) se indica la banda de frecuencias de cada una de las aplicaciones de las TIP. Además, en una nota del editor al § 6. «Conclusiones» se pide realizar más estudios sobre los efectos para 55-5X kHz, 6Y-65 kHz a fin de determinar los valores de X e Y.

##### A6.1.2 Mitigación para proteger las FPSH a 60 kHz

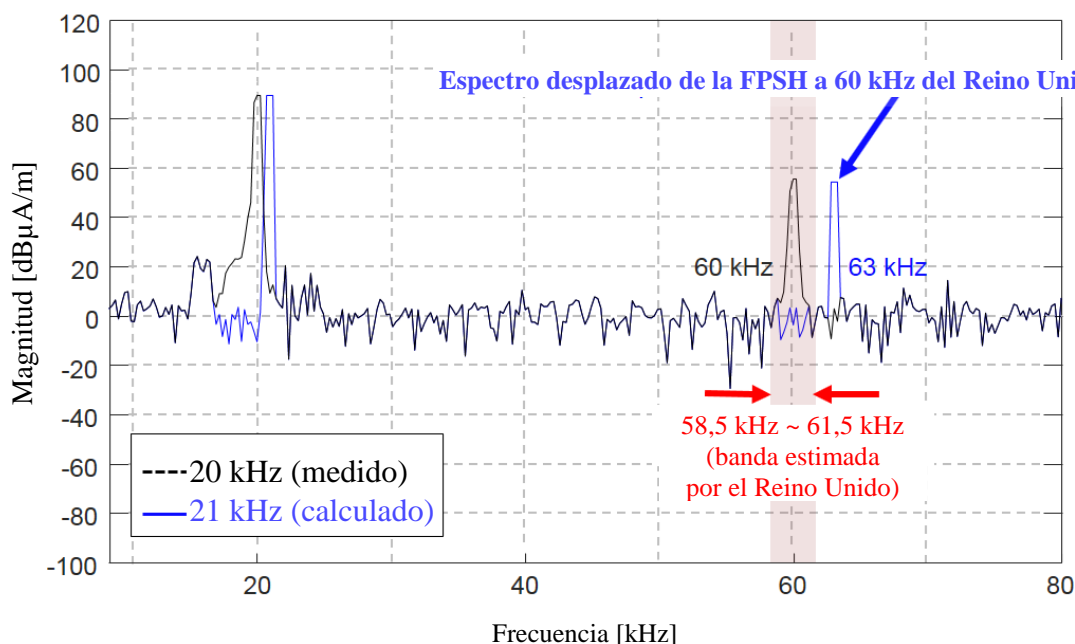
Según el Cuadro 9 de la Recomendación 70-03 del ERC, la banda de frecuencias de la FPSH a 60 kHz del Reino Unido utiliza un ancho de banda de 250 Hz (59,75 kHz ~ 60,25 kHz) y la máxima intensidad de campo a 10 m es de 42 dB $\mu$ A/m.

Como el ancho de banda de protección de las FPSH es mayor, la condición de protección es mejor, por lo que la banda de protección mínima debe ser al menos de cinco a seis veces el ancho de banda de 250 Hz, considerando como factor de seguridad la coexistencia con el sistema TIP de alta potencia.

Podría ser aproximadamente 1 500 Hz, es decir seis veces el factor de seguridad.

Por lo tanto, la República de Corea propone que el valor X sea de 58,5 kHz y el valor Y sea de 61,5 kHz.

FIGURA A6-1  
Método de mitigación



Aparte de la propuesta anterior, para evitar con seguridad el efecto de la interferencia entre el sistema TIP y la FPSH a 60 kHz del Reino Unido, sería mejor utilizar una frecuencia más lejana como 63 kHz en los países que utilizan la FPSH a 60 kHz.

La Fig. A6-1 muestra el resultado de este método de mitigación con la frecuencia desplazada a 63 kHz.

## A6.2 Estudios sobre el efecto causado a los servicios de radiodifusión sonora con MA por la TIP-VE a 19-21 kHz/55-65 kHz

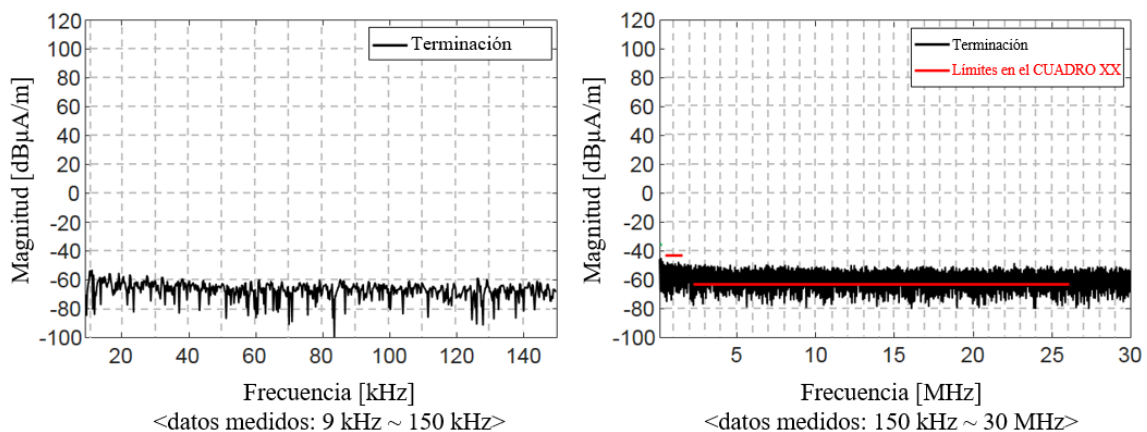
### A6.2.1 Introducción

Como la UER propuso limitar la radiodifusión sonora en  $-47,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ , la República de Corea ha estudiado el análisis de la interferencia entre la radiodifusión con modulación de amplitud y el sistema TIP-VE de alta potencia.

### A6.2.2 Análisis de la interferencia entre la radiodifusión MA y el sistema TIP-VE

FIGURA A6-2

Análisis de la interferencia entre la radiodifusión con MA y el sistema TIP-VE de gran potencia (terminación de equipos)



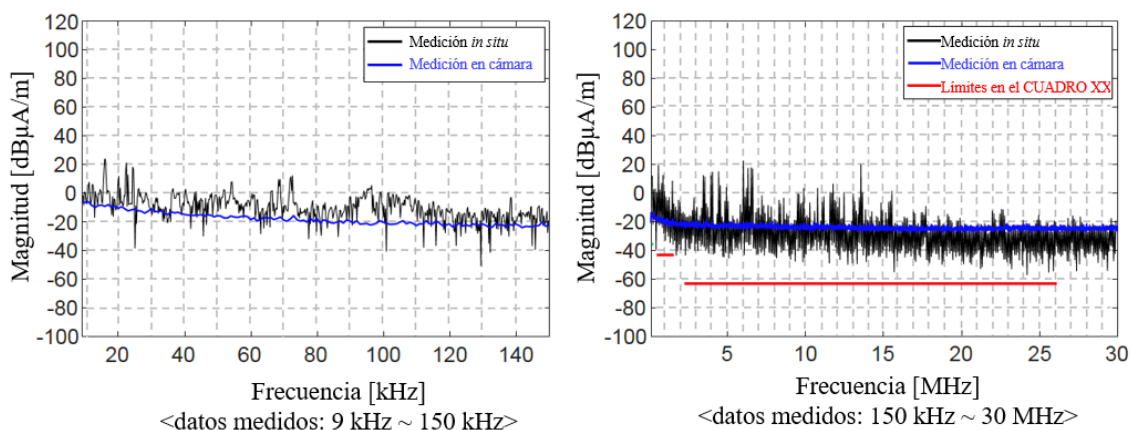
Para determinar la interferencia entre la radiodifusión con MA y el sistema TIP-VE de alta potencia, el receptor EMI (Keysight E4440A) se termina en  $50 \text{ }[\Omega]$  y no considera el factor de la antena debido a que no está conectado con la antena de bucle.

Según el Cuadro 7, el límite de armónicos de TIP a potencia TIP alta es de  $-37 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  a una distancia de 10 m.

Aunque el receptor EMI está terminado, parece que los valores son similares a  $-56 \text{ dB}\mu\text{A}$  y  $-60 \text{ dB}\mu\text{A}$ . Esto significa que el límite es casi el mismo que para el propio ruido del receptor EMI.

FIGURA A6-3

**Análisis de la interferencia entre la radiodifusión con MA y el sistema TIP-VE de gran potencia (ambiente)**



Como el receptor EMI (Keysight E4440A) está conectado a la antena de bucle, se considera que el factor de la antena es de unos 20 dB. Según el Cuadro 8, el límite de armónicos TIP a potencia TIP alta es de  $-7 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  a 10 m.

Parece que los valores son similares a  $0 \text{ dB}\mu\text{A}$  y  $-20 \text{ dB}\mu\text{A}$  con un ruido ambiental real. Por consiguiente, los resultados de la medición son considerablemente superiores al límite, con independencia de que el sistema TIP de alta potencia esté recargando. Así queda demostrado que el límite del Cuadro 8 ni siquiera se cumple con el ruido ambiental real.

### A6.2.3 Análisis de la mitigación de la radiodifusión sonora con MA

Es necesario proteger con seguridad la radiodifusión sonora con MA. A continuación se describen las metodologías de mitigación.

#### A6.2.3.1 Efecto de la interferencia entre el sistema TIP y la radiodifusión sonora con MA

En un artículo publicado recientemente sobre acoplamiento magnético, *Fourier Analysis for Harmonic Signals in Electrical Power Systems*<sup>4</sup>, se indica que el tercer armónico representa el 20% de la potencia disponible, mientras que el quinto armónico representa el 10%. Siguiendo la serie, el séptimo armónico representa el 6% y el noveno el 3%.

La frecuencia fundamental de los sistemas TIP de alta potencia es 20 kHz. El séptimo armónico de 20 kHz es 140 kHz. El ancho de banda mínimo de la radiodifusión en ondas kilométricas es 148,5-283,5 kHz. Por consiguiente, parece que habrá muy poco efecto de interferencia.

#### A6.2.3.2 Mínima distancia de separación entre el sistema TIP y la radiodifusión sonora con MA

Según el Cuadro 8, la mínima distancia de separación es de 10 m y el límite es  $-7 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ .

En el caso del sistema TIP de alta potencia, se propone que la distancia de separación mínima sea de 30 m o más para evitar el efecto de interferencia con seguridad entre el sistema TIP y la radiodifusión sonora con MA.

<sup>4</sup> Autores: Emmanuel Hernández Mayoral, Miguel Ángel Hernández López, Edwin Román Hernández, Hugo Jorge Cortina Marrero, José Rafael Dorrego Portela y Víctor Iván Moreno Oliva, Publicado: 8 de febrero de 2017 por [IntechOpen](https://www.intechopen.com/).

Por el momento, la radiodifusión con MA no es popular porque hay un poco de ruido mixto en las señales de sonido. Además, la banda de ondas kilométricas se utiliza raramente, excepto en caso de emergencia. Por lo tanto, el efecto de la interferencia se puede minimizar manteniendo una distancia de separación suficiente.

#### **A6.2.4 Conclusión**

La radiodifusión sonora con MA debe protegerse de manera segura. Se requiere una mínima distancia de separación de 30 m para evitar la interferencia de manera segura entre los sistemas TIP y la radiodifusión sonora con MA.

Esta es, al parecer, otra alternativa sensata que se puede adoptar como una política de reglamentación nacional junto con las metodologías de mitigación antes mencionadas.

## **Anexo 7**

### **Estudios en Japón de los efectos para la TIP-VE a 79-90 kHz**

#### **A7.1 Introducción**

En este Anexo se presentan los estudios realizados en el proceso de elaboración de la nueva normativa del Japón para los sistemas TIP-VE que utilizan 79-90 kHz a fin de determinar sus efectos. El estudio fue realizado por un grupo de trabajo (GT) para la normalización de la TIP en el Ministerio del Interior y Comunicaciones (MIC) del Japón. El GT estaba formado por expertos en tecnología y en campos afines, incluidas industrias de TIP, sistemas de radiocomunicaciones tradicionales, compatibilidad electromagnética, exposición a las ondas de radioeléctricas y el mundo académico. Los resultados del estudio se incorporaron a la reglamentación y directrices de radiocomunicaciones de Japón para la explotación de las TIP; la nueva normativa entró posteriormente en vigor el mes de marzo de 2016.

#### **A7.2 Límites de emisión de la TIP para VE**

En el Cuadro A7-1 se indican los límites de emisión de la TIP para aplicaciones VE previstos en la reglamentación de radiocomunicaciones japonesa, de conformidad con las gamas de frecuencias designadas.

El GT, al especificar los límites de emisiones conductivas y radiadas, hizo referencia a las normas CISPR en consonancia con la armonización de la reglamentación internacional. En algunos casos de utilización específicos de los sistemas radioeléctricos existentes en el espectro en cuestión, se especificaron las condiciones y requisitos adicionales de coexistencia nacional derivados de los estudios de los efectos y se incorporaron a los límites de emisión previo acuerdo de las partes interesadas.

Los límites de emisión definen la intensidad de potencia radioeléctrica admisible de los equipos TIP en las nuevas normas denominadas «especificación de homologación», que eximen a los equipos TIP de la solicitud de autorización individual de instalación.

CUADRO A7-1

## Límites de emisión de la TIP para vehículos eléctricos (VE) en Japón

Aplicación TIP	Límites de emisión conductiva		Límites de emisión radiada de la onda fundamental	Límites de emisión radiada en otras bandas			
	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz		79-90 kHz	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz
TIP para recargar VE	No especificado	0,15-0,50 MHz: Valor de cuasi cresta 66-56 dB $\mu$ V (decreciente linealmente con log(f)) Media 56-46 dB $\mu$ V (decreciente linealmente con log(f)) 0,50-5 MHz: Valor de cuasi cresta 56 dB $\mu$ V, Media 46 dB $\mu$ V 5-30 MHz: Valor de cuasi cresta 60 dB $\mu$ V, Media 50 dB $\mu$ V, excepto bandas ICM	68,4 dB $\mu$ A/m a 10 m (Valor de cuasi cresta)	23,1 dB $\mu$ A/m a 10 m (Valor de cuasi cresta), excepto 79-90 kHz	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, la conversión a los valores para una distancia de 10 m es decreciente con log(f) desde 39 dB $\mu$ A/m a 0,15 MHz hasta 3 dB $\mu$ A/m a 30 MHz (1). Excepción 1: para 158-180 kHz, 237-270 kHz, 316-360 kHz y 3 965-450 kHz, los límites de emisión son mayores que (1) anterior en 10 dB Excepción 2: para 526,5-1 606,5 kHz: -2,0 dB $\mu$ A/m (Valor de cuasi cresta)	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, se aplica lo siguiente: 30-80,872 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dB $\mu$ V/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dB $\mu$ V/m; 136,414-230 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 230-1 000 MHz: 37 dB $\mu$ V/m	No especificado

## A7.3 Normalización de la TIP-VE

El Grupo de Trabajo sobre TIP del BWF (Broadband Wireless Forum, Japón) se está encargando de la elaboración de normas técnicas sobre TIP utilizando protocolos de la ARIB (Association of Radio Industries and Businesses). La norma ARIB STD-T113 «Sistemas inalámbricos de transferencia de energía» integra las tecnologías TIP-VE a través del proceso de normalización del BWF una vez que la especificación TIP para aplicaciones VE ha sido normalizada a escala mundial mediante la norma CEI 61980 e ISO 19363.

#### A7.4 Estudios sobre la TIP utilizando 79-90 kHz

##### A7.4.1 Proceso de evaluación de los efectos y servicios/sistemas de radiocomunicaciones tradicionales previstos en el estudio

Se han tomado los siguientes pasos en los estudios:

- 1) Primer paso: Estudio de la utilización del espectro y determinación de las posibles gamas de frecuencias.

Estudio de la utilización del espectro por los servicios de radiocomunicaciones existentes en las gamas de frecuencias operativas propuestas para la TIP, en bandas adyacentes y en otras gamas de frecuencias en las que pueda haber armónicos de la TIP. Estos servicios podrían sufrir una degradación de la calidad del servicio causada por los sistemas TIP. Determinar las posibles bandas para la TIP a partir de un espectro relativamente vacante.

- 2) Segundo paso: Seleccionar los sistemas de radiocomunicaciones existentes que se han de proteger preferentemente.

Seleccionar los sistemas de radiocomunicaciones existentes que podrían verse afectados por la TIP en las bandas posibles. Priorizar los sistemas que se han de proteger, aclarando los atributos de los servicios de conformidad con las siguientes condiciones y/o casos de utilización:

- Categoría de la gama de frecuencias estipulada en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR)
- Justificación de por qué es necesaria la protección contra los sistemas TIP
- Mecanismos para evitar recibir interferencia perjudicial de los sistemas TIP

Estas consideraciones permiten seleccionar los sistemas de radiocomunicaciones existentes que se han de proteger preferentemente.

- 3) Tercer paso: Evaluar los efectos causados por las emisiones TIP a los servicios de radiocomunicaciones existentes.

Los efectos producidos por los sistemas TIP en cada uno de los servicios de radiocomunicaciones existentes seleccionados se analizan mediante simulación y/o medición. En este paso, deben aclararse los siguientes puntos.

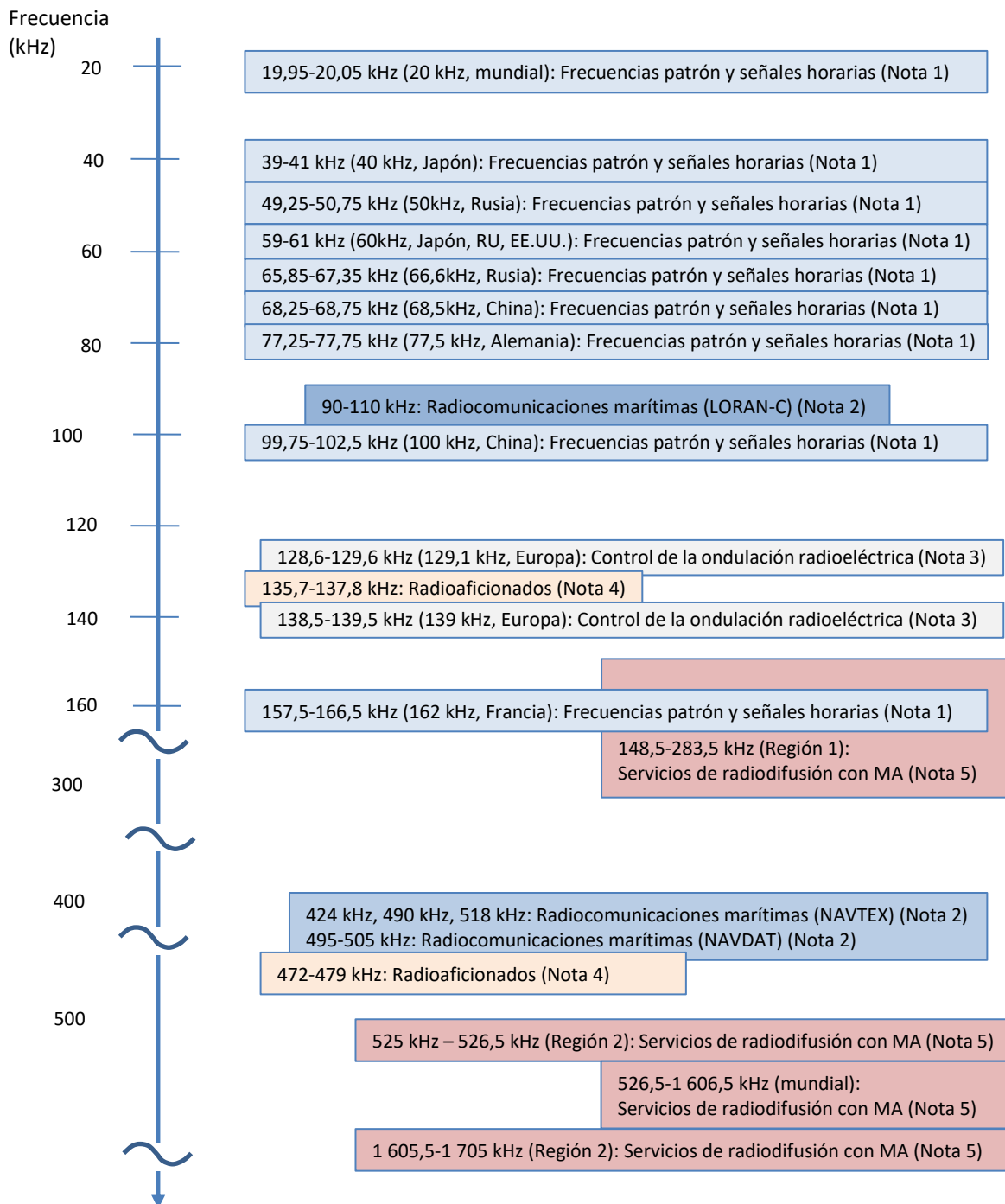
- Gamas de frecuencias de transmisión de potencia, nivel de potencia y cualquier otro parámetro o característica que pueda afectar a los servicios de radiocomunicaciones existentes.
- Casos de utilización de los sistemas existentes con los parámetros que los definen, en particular el periodo/horario de funcionamiento (en particular el periodo que se solapa con la utilización de la TIP), distancia de separación física o posición.
- Intensidad de emisión de los sistemas TIP: La máxima intensidad de emisión debe determinarse adecuadamente para su evaluación, remitiéndose a la normativa vigente o al proyecto de documento elaborado en el CISPR/B.
- Pruebas y verificación: La intensidad de las emisiones no deseadas calculadas o medidas en el receptor en cuestión no debe rebasar el umbral de sensibilidad del receptor ni debe causar fallo alguno de funcionamiento. Además, deben tenerse en cuenta las condiciones de utilización, como la distribución del horario de utilización, el traslape de tiempo de funcionamiento y la ubicación práctica de los dispositivos.

La conveniencia de mitigar el impacto se debe examinar y juzgar en función del resultado de los pasos antes indicados. Se podría recomendar para la TIP-VE sin haces, aquellas gamas de frecuencias cuya adecuada mitigación del impacto haya sido verificada y confirmada siguiendo los pasos anteriores.

Cabe suponer que las gamas de frecuencias para la TIP-VE estarán en la gama de frecuencias por debajo de 150 kHz, habida cuenta de los debates sobre normalización mundial de la tecnología de TIP en la CEI TC 69/PT61980, ISO TC22/PAS 19363 y SAE J2954TF. Asimismo, para seleccionar la gama de frecuencias se tomaron en consideración las gamas de frecuencias de los armónicos. Este estudio abarcó gamas de frecuencias por debajo de 1 MHz. El resultado del estudio de la utilización del espectro se ilustra en la Fig. A7-4.1 y se enumera en el Cuadro A7-4.1.

FIGURA A7-1

## Espectro de los servicios de radiocomunicaciones entre 9 kHz y 3 MHz



*Nota 1* – Modulación de amplitud (BCD). Relojes que reciben periódicamente señales horarias digitales transmitidas desde las estaciones de transmisión de la señal horaria patrón para sincronizar y ajustar su propia hora.

*Nota 2* – Impulsos, FSK etc. Sistemas de radiocomunicaciones para la seguridad de las operaciones de los navíos utilizados en puertos y en el mar.

*Nota 3* – Sistemas de radiocomunicaciones utilizados para controlar la recarga/demanda de electricidad, que se comunican a través del sistema de distribución eléctrica.

*Nota 4* – Servicio de radiocomunicación con dispositivos de transmisión y recepción utilizados para investigación tecnológica y para formación de operadores radioaficionados.

*Nota 5* – Modulación de amplitud; Servicio de radiodifusión de audio con dispositivos receptores en la banda de ondas hectométricas.



## CUADRO A7-2

## Espectro de los servicios de radiocomunicaciones entre 9 kHz y 3 MHz

Servicios y sistemas de radiocomunicaciones		Bandas de frecuencias	Modulación	Observaciones
Frecuencias patrón y señales horarias		19,95-20,05 kHz (20 kHz, mundial) 39-41 kHz (40 kHz, Japón) 49,25-50,75 kHz (50 kHz, Rusia) 59-61 kHz (60 kHz, RU, EE.UU. y Japón) 65,85-67,35 kHz (66,6 kHz, Rusia) 68,25-68,75 kHz (68,5 kHz, China) 77,25-77,75 kHz (77,5 kHz, Alemania) 99,75-102,5 kHz (100 kHz, China) 157,5-166,5 kHz (162 kHz, Francia)	Modulación de amplitud (BCD)	Relojes que reciben periódicamente señales horarias digitales transmitidas desde las estaciones de transmisión de la señal horaria patrón para sincronizar y ajustar su propia hora.
Control de la ondulación		128,6-129,6 kHz (129,1 kHz, Europa) 138,5-139,5 kHz (139 kHz, Europa)	–	Sistemas de radiocomunicaciones utilizados para controlar la carga/demanda de electricidad, que se comunican a través del sistema de distribución eléctrica.
Sistema de alerta automática para la protección de trenes	Sistemas de detención automática de trenes (ATS)	10-250 kHz (Japón)	–	Sistema de telecomunicaciones que aplicando corrientes eléctricas a bobinas situadas a lo largo de las vías detecta corriente eléctrica en bobinas instaladas en los vehículos ferroviarios para el control de trenes.
		425-524 kHz (Japón)	–	
	Sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias (ITRS)	100-250 kHz (Japón)	–	Sistema de transmisión de señales que utiliza un acoplamiento inductivo entre líneas de transmisión instaladas a lo largo de las vías y antenas instaladas en los vehículos ferroviarios.
		80 kHz, 92 kHz (Japón, solo una ruta)	–	
Radioaficionados		135,7-137,8 kHz  472-479 kHz	Modulación de amplitud, modulación de frecuencia, banda lateral única, etc.	Sistemas del servicio de aficionados, definido en el número <b>1.56</b> del RR, para la autoformación en intercomunicaciones y las investigaciones técnicas realizadas por aficionados.
Radiocomunicaciones marítimas		90-110 kHz (LORAN) 424 kHz, 490 kHz, 518 kHz (NAVTEX) 495-505 kHz (NAVDAT)	Modulación de impulsos, modulación por desplazamiento de frecuencia etc.	Sistemas de radiocomunicaciones para la seguridad de las operaciones de los navíos utilizados en puertos y en el mar, etc.
Radiodifusión con MA		148,5-283,5 kHz (Región 1) 525-526,5 kHz (Región 2) 526,5-1 606,5 kHz (mundial) 1 605,5-1 705 kHz (Región 2)	Modulación de amplitud	Sistemas para servicios de radiodifusión sonora con receptores que utilizan las bandas de ondas kilométricas y hectométricas.

En el estudio sobre los sistemas de radiocomunicaciones existentes se llegó a la conclusión de que debían seleccionarse los cuatro sistemas/servicios siguientes para evaluar el efecto de la TIP en los vehículos eléctricos de pasajeros que utilizan 79-90 kHz:

- Servicios de frecuencias patrón y señales horarias (FPSH).
- Sistemas de radiocomunicaciones ferroviarias (10-250 kHz).
- Servicios de radioaficionados (135,7-137,8 kHz).
- Servicios de radiodifusión con MF (526,5-1 606,5 kHz).

Los sistemas de radiocomunicaciones ferroviarias funcionan en un entorno único en Japón. No están categorizados claramente en el Reglamento de Radiocomunicaciones de Japón. Sin embargo, el GT (véase el § A7.1) decidió evaluar los sistemas de radiocomunicaciones ferroviarias porque es una cuestión de seguridad para evitar que los usuarios de los servicios de trenes sufran accidentes.

#### **A7.4.2 Efectos sobre los servicios de radiodifusión**

##### **A7.4.2.1 Estudio de los efectos documentados en el Informe UIT-R SM.2303**

En el § 7.2 del Informe UIT-R SM.2303 se describen los dos planteamientos siguientes para estudiar los efectos sobre los servicios de radiodifusión sonora en ondas hectométricas.

- 1) Planteamiento propuesto por los expertos en radiodifusión de la UER y del UIT-R: Se basa en los criterios de protección de los servicios de radiodifusión especificados en las Recomendaciones UIT-R BS.560 y BS.703. El estudio de los efectos se concentra en el entorno radioeléctrico en el que se aplica la sensibilidad mínima del receptor de radiodifusión sonora con modulación de amplitud a efectos de planificación. Puede suponerse que las intensidades de campo de las señales de radiodifusión sonora serán pequeñas en las zonas correspondientes. Los valores máximos del campo magnético tolerables en los receptores de radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas se calcularon utilizando los criterios de protección de RF de los servicios de radiodifusión que figuran en las Recomendaciones e Informes pertinentes del UIT-R. En el § 7.2.1 del Informe UIT-R SM.2303 figura información más detallada.
- 2) Planteamiento propuesto por Japón: El estudio de los efectos realizado por Japón se concentra en el entorno radioeléctrico en zonas urbanas comparable a la categoría medioambiental «Ciudad» de la Recomendación UIT-R P.372-13, donde puede suponerse que el ruido medioambiental es medio y alto, y la intensidad de campo de las señales de radiodifusión sonora también es media y alta. La condición básica para la coexistencia en este estudio de los efectos es garantizar que la intensidad de campo de la emisión interferente radiada por los sistemas TIP sea inferior al nivel de ruido ambiental descrito en la Recomendación UIT-R P.372-13. Se ha determinado finalmente que el límite de la emisión radiada es de  $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  a 10 metros de distancia de los sistemas TIP en la reglamentación de Japón, teniendo en cuenta una distancia de separación práctica, las pérdidas de propagación debidas a las paredes de las casas y edificios y cierto margen de incertidumbre en la etapa de diseño y prueba industriales. Este planteamiento se validó mediante un estudio analítico de las emisiones, la medición de éstas y la prueba de audición utilizando equipos de prueba de TIP y receptores de radiodifusión en ondas hectométricas. En el § 7.2.2 del Informe UIT-R SM.2303 figura información más detallada.

#### **A7.4.2.2 Condiciones para la coexistencia entre los sistemas TIP para VE y los servicios de radiodifusión sonora en ondas hectométricas**

Al determinar las condiciones de coexistencia se deben tener cuidadosamente en cuenta los siguientes puntos:

- La intensidad de campo interferente radiada por los sistemas TIP debe ser menor que el nivel de ruido ambiental derivado de la Recomendación UIT-R P.372-13, para diferentes categorías de entorno radioeléctrico, a la entrada de una antena receptora de radio.
- Cada administración debe determinar los límites de radiación al prescribir la distancia o distancias de separación mínimas requeridas entre los sistemas TIP y los receptores de radiodifusión, teniendo en cuenta las pérdidas de propagación debidas a las paredes de las casas y edificios y otros factores, incluido el margen de incertidumbre en la etapa de diseño y prueba industrial.

A continuación se describen las razones de lo anterior.

En el Cuadro A7-3 se muestra un ejemplo de diferentes categorías de entorno radioeléctrico con condiciones de coexistencia entre los sistemas TIP y los servicios de radiodifusión sonora en ondas hectométricas, que se caracterizan por la distancia de separación, las pérdidas de propagación por las paredes de las casas o edificios, el margen de incertidumbre en las pruebas y el diseño, la intensidad de campo H de los sistemas TIP y los niveles de ruido ambiental. Los niveles de ruido ambiental de la fila inferior del Cuadro A7-3 se calcularon con referencia a la Recomendación UIT-R P.372-13 que clasifica el entorno radioeléctrico «ciudad», «residencial», «rural» y «rural silencioso».

En el estudio de los efectos suponiendo la coexistencia en un futuro próximo de TIP-VE en el entorno del servicio de radiodifusión en ondas hectométricas, el valor del nivel de ruido ambiental obtenido por el GT para el entorno «ciudad» era de  $-25,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ . Por otra parte, en el caso del «rural silencioso», se obtuvo un nivel de ruido ambiental de  $-48,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ , que es casi el mismo que el límite de emisión de  $-47,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  propuesto por los expertos en radiodifusión de la UER/UIT-R, como se indica en el § 7.2.1 del Informe UIT-R R SM.2303. Aunque los planteamiento de la UER y Japón son diferentes, se considera que los límites de emisión radiada resultantes obtenidos mediante estos planteamientos son coherentes en el entorno rural tranquilo.

La distancia de separación mínima requerida para cada entorno radioeléctrico puede deducirse a fin de que la intensidad de campo H de la emisión de los sistemas TIP en los receptores radioeléctricos sea inferior al nivel de ruido ambiental. En el estudio de Japón se tuvo en cuenta las siguientes condiciones para elaborar la reglamentación nacional de los sistemas TIP-VE, tal como se describe en el § 7.2.2 del Informe UIT-R SM.2303.

- La autointerferencia no forma parte del alcance del estudio de repercusiones. Por autointerferencia se entiende que el sistema TIP causa interferencia al propio receptor de radiodifusión sonora en ondas hectométricas.
- Los receptores de radiodifusión sonora en ondas hectométricas están situados dentro de casas o edificios. Por otro lado, los sistemas TIP-VE están situados en el exterior de las casas o los edificios. Es necesario tener en cuenta las pérdidas de propagación debidas a las paredes, que ascienden a 10 dB según los resultados de los estudios en Japón.
- La distancia de separación entre el sistema TIP y el receptor de radiodifusión sonora en ondas hectométricas es de 10 m, suponiendo que la casa más cercana del vecindario está situada a más de 10 m de la casa donde se encuentra el sistema TIP.

- El margen de incertidumbre en el diseño de los fabricantes y la etapa de prueba. Este valor se basa en que los fabricantes tienen en cuenta normalmente un margen de incertidumbre razonable de 10 dB o más para garantizar el rendimiento de sus emisiones en las etapas de diseño y prueba con el fin de que el 100% de sus productos cumplan la reglamentación. El margen de incertidumbre estimado en estos cálculos es de 14 dB a partir de los resultados de las mediciones de los sistemas TIP desarrollados.

Por consiguiente, los límites de emisión radiada en la nueva reglamentación japonesa para los sistemas TIP-VE son de  $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  a 10 m de distancia en la gama de frecuencias de los servicios de radiodifusión sonora en ondas hectométricas.

Esta reglamentación puede aplicarse a un entorno radioeléctrico distinto del de la ciudad, con una distancia de separación adecuada. Las empresas de TIP deberían adoptar de manera continua medidas adecuadas de reducción de la interferencia para reducirla por debajo del nivel permitido con el fin de evitar perturbaciones perjudiciales a los servicios de radiodifusión en zonas suburbanas y rurales. En el caso de que el sistema TIP produzca una interferencia inaceptable a los receptores, las administraciones de radiofrecuencia deben adoptar las medidas/ordenes reglamentarias necesarias para parar el funcionamiento del sistema TIP que provoca la interferencia perjudicial en los otros sistemas existentes de radiocomunicaciones.

Al adoptar la reglamentación japonesa de  $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  a 10 m de distancia y los demás factores, entre ellos las pérdidas de propagación y el margen de incertidumbre, puede lograrse la coexistencia entre los sistemas TIP-VE y los servicios de radiodifusión estableciendo distancias de separación adecuadas, a saber, de 13 metros, 16 metros y 35 metros para el entorno radioeléctrico «residencial», «rural» y «rural tranquilo», respectivamente.

Los resultados del estudio muestran que la coexistencia puede lograrse para cualquier entorno radioeléctrico estableciendo distancias de separación adecuadas entre los sistemas TIP-VE y los receptores de radiodifusión sonora en ondas hectométricas.

CUADRO A7-3

**Ejemplo de condición de coexistencia entre los sistemas TIP  
y los servicios de radiodifusión**

<b>Categorías de entorno radioeléctrico en la Rec. UIT-R P.372-13</b>	<b>A (Ciudad)</b>	<b>B (Residencial)</b>	<b>C (Rural)</b>	<b>D (Rural tranquilo)</b>	<b>Observaciones</b>
(1) Límites de emisión radiada @ 10 m (dBμA/m)	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	Límites de emisiones radiadas en la gama de frecuencias MF establecidos en la reglamentación de Japón para sistemas TIP-VE.
Distancia de separación (m)	10	13	16	35	La distancia de separación de 10 m se define como condición de estudio del efecto en zonas urbanas. La distancia de separación en zonas residenciales, rurales y rurales tranquilas se describe a título indicativo.
(2) Degradación debida a la distancia de separación (dB)	0	4,8	8,6	22,9	En la radiocomunicaciones de Japón, el factor de conversión de la distancia de 10 m a 30 m es 1/10 (=20 dB) en la gama de frecuencias del servicio de radiodifusión MF. A partir de esta relación (regla de 2,1-ésima potencia) Factor de 10 m a 15 m es 1/2,3 (=7,2 dB) Factor de 10 m a 10 m es 1/4,3 (=12,7 dB)
(3) Pérdidas de propagación debidas a las paredes de casas y edificios (dB)	10	10	10	10	Con referencia a los resultados del informe de Japón de la Conferencia MIC relativa a la preacentuación de radiodifusión MF (diciembre de 1983).
(4) Evaluación de incertidumbre en la fase de diseño y prueba industriales	14	14	14	14	Estimado por los resultados medidos del sistema TIP de desarrollo para VE en Japón.
(5) Intensidad de campo H de las emisiones en el receptor de radiocomunicaciones MA (dBμA/m)	-26,0	-30,8	-34,6	-48,9	Calculado mediante (5) = (1) - (2) - (3) - (4)
Nivel de ruido ambiental (dBμA/m)	-25,5	-30,5	-34,5	-48,5	Calculado a 500 kHz mediante la ecuación 7 y la Fig. 10 en la Rec. UIT-R P.372-13

### A7.4.3 Efectos sobre los servicios de frecuencias patrón y señales horarias (FPSH)

Los dispositivos TIP cuya emisión radiada sea inferior a los límites de emisión descritos en el Cuadro A7-4 no causarán interferencia perjudicial, que se define por la relación  $C/I$  derivada de la sensibilidad mínima del receptor de los dispositivos de relojes radiocontrolados que utilizan servicios FPSH en casos de uso acordados. Se convino en una distancia de separación de 10 m, valor que se utilizó para evaluar los efectos sobre esos dispositivos. Además, en la evaluación se tomó en consideración el horario de funcionamiento del dispositivo para recibir el servicio FPSH que no se solapa con el funcionamiento de la TIP, la diversidad de la dirección de propagación de las ondas del FPSH y la expectativa de que en el futuro se mejore el rendimiento del receptor de esos dispositivos. En consecuencia, se ha confirmado que el efecto de los sistemas TIP sobre los relojes radiocontrolados es lo suficientemente pequeño como para no causar interferencia perjudicial. En los siguientes párrafos (a) – (d) se dan más detalles.

CUADRO A7-4

#### Límites de emisiones radiadas de los sistemas TIP-VE a 79-90 kHz en el estudio de Japón

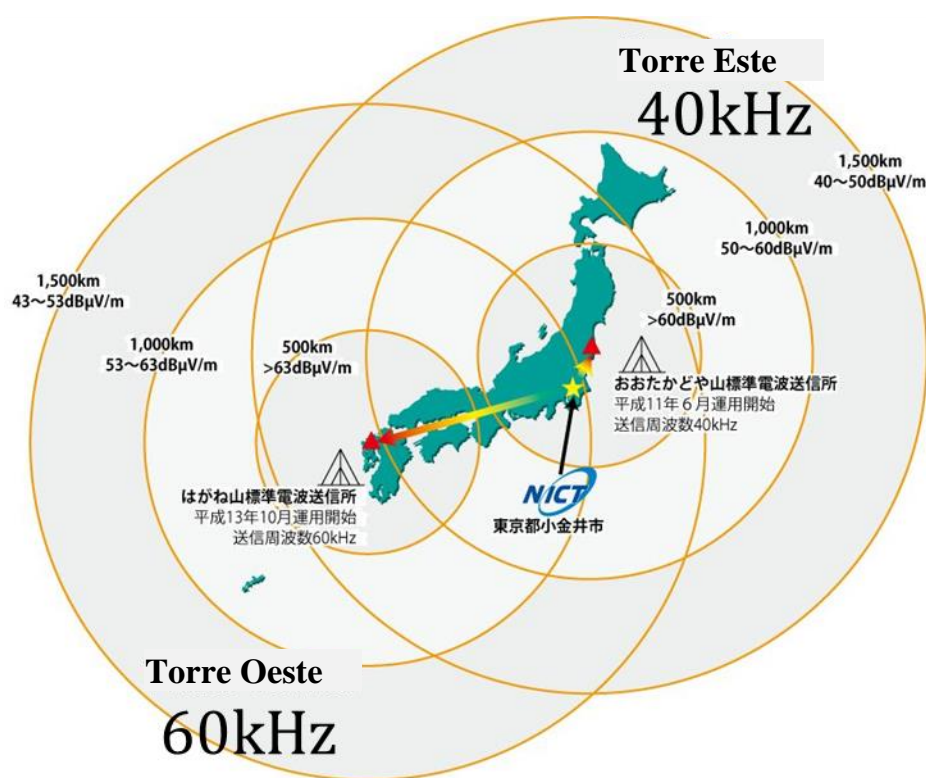
	Límites de emisiones radiadas
Gama de frecuencias TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia), 79-90 kHz	68,4 dB $\mu$ A/m a 10 m para 3 kW de potencia Tx 72,5 dB $\mu$ A/m a 10 m para 7,7 kW de potencia Tx
Gama de frecuencias de 526,5-1 606,5 kHz (gama de frecuencias de los servicios de radiodifusión en ondas hectométricas)	-2,0 dB $\mu$ A/m a 10 m
Otras gamas de frecuencias por debajo de 3 MHz esperadas para 526,5-1 606,5 kHz	23,1 dB $\mu$ A/m a 10 m

#### a) Transmisiones FPSH en Japón

En la Fig. A7-2 se muestra la cobertura de la transmisión de la FPSH con la intensidad de la señal transmitida desde dos torres de transmisión situadas en el Japón oriental (la Torre Este en la Prefectura de Fukushima) y occidental (la Torre Oeste en la Prefectura de Saga). La Torre Este transmite la señal FPSH en 40 kHz y la Torre Oeste en 60 kHz. La FPSH puede recibirse en cualquier dispositivo de relojes radiocontrolados en todo el país, incluso en islas lejanas en el océano, con una intensidad de señal superior a 50 dB $\mu$ V/m, que es la mínima intensidad de campo eléctrico.

FIGURA A7-2

Transmisiones FPSH con cobertura en todo Japón



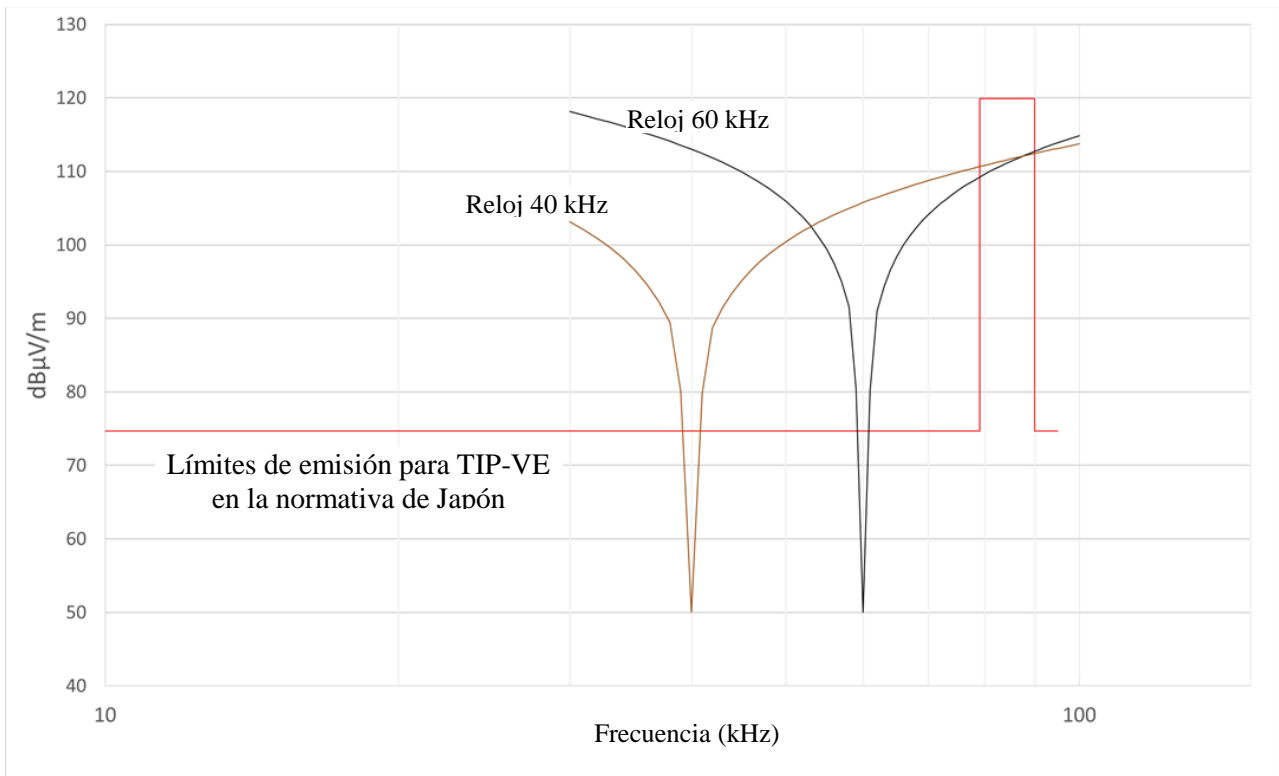
- Fuente: NICT  
<<http://jjy.nict.go.jp/mission/page4.html#hyojun>>

**b) Interferencia causada por los sistemas TIP a los dispositivos de relojes radiocontrolados que reciben FPSH**

La Fig. A7-3 muestra el límite de emisión de TIP-VE y la intensidad de campo de interferencia permitida del receptor FPSH en la gama de frecuencias de interés. En este caso, se supone que el receptor recibe la señal FPSH con una intensidad de campo de 50 dBμV/m (es decir, la sensibilidad mínima del receptor) cuando el rendimiento del receptor se obtiene a partir de los resultados de las mediciones de los dispositivos comerciales de relojes radiocontrolados que reciben las formas de onda FPSH transmitidas a 40/60 kHz. De esta figura se desprende que las formas de onda FPSH a 40/60 kHz recibidas a una intensidad inferior a 50 dBμV/m podrían quedar bloqueadas por la emisión de TIP-VE a 79-90 kHz recibida a una intensidad de campo superior a 110 dBμV/m. Algunos tipos de dispositivos comerciales de relojes radiocontrolados ampliamente utilizados podrían tener problemas debido a la baja inmunidad a las interferencias y la escasa selectividad de frecuencia de los receptores.

FIGURA A7-3

Límite de emisión para la TIP-VE e intensidad de campo de interferencia admisible del receptor FPSH



c) **FPSH que recibe distribución horaria para el ajuste de la hora**

Los dispositivos de relojes radiocontrolados reciben datos FPSH automáticamente para mantener actualizada la hora con la hora de referencia. El Cuadro A7-5 muestra la distribución horaria programada para el ajuste automático de la hora de diversos productos comerciales. Para recibir datos a diario, todos los relojes comerciales reciben datos entre las 02.00 horas y las 05.00 horas.

CUADRO A7-5

**Distribución horaria programada para ajuste automático de la hora**

		Tiempo para comenzar a recibir la señal de datos horaria																							
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Escucha 1	Empresa A															○	△	△							
Escucha 2																○		△							
Escucha 3																○		△							
Escucha 4	Empresa B															○	△	△							
Escucha 5																○		△							
Escucha 6	Empresa C													○	△	△	△	△	△						
Escucha 7																○	△	△							
Escucha 8																○	△	△	△						
Reloj 9	Empresa D	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Reloj 10			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Reloj 11				○				○				○				○	○	○	○	○		○			○
Reloj 12	Empresa E			○				○				○				○			○			○			○
Reloj 13																○	△	△	△	△					
Reloj 14																○	△	△	△	△					
Reloj 15		Cada 3 horas																							
Reloj 16	Empresa F	△	△	△												○	△	△							
Reloj 17				○				○				○				○	○	○			○			○	
Reloj 18				○	○	○										○	○	○							

Nota – el «círculo» representa el «ajuste primario de hora programado», mientras que el «triángulo» representa el «ajuste secundario de hora de seguridad».



**d) Consideraciones sobre los efectos de la TIP-VE para los servicios FPSH***Posibles efectos sobre el rendimiento del receptor FPSH y medidas de mitigación*

El rendimiento del receptor de los dispositivos de relojes radiocontrolados que reciben FPSH podría degradarse por el bloqueo del receptor causado por la emisión de TIP en su gama de frecuencias de funcionamiento debido a la insuficiente sensibilidad de los dispositivos receptores FPSH. Cabe señalar que el evento solo puede observarse cuando la hora de recepción FPSH prevista coincide con el periodo de carga del VE inalámbrico. Por consiguiente, la interferencia perjudicial no se prolonga más allá del periodo de solapamiento. Los programas de armonización del tiempo de carga de TIP deben prosperar en el ajuste de tiempo con el fin de resolver los problemas de bloqueo del receptor FPSH.

*Marco de compatibilidad entre TIP-VE y dispositivos de relojes radiocontrolados*

En el GT (véase el § A7.1), los defensores de la TIP-VE y los representantes de la industria de los dispositivos de relojes radiocontrolados llegaron a un consenso sobre el marco de compatibilidad de las dos tecnologías. El punto de partida fue que la TIP-VE con los límites propuestos para la banda (79-90 kHz) de 68,4 dB $\mu$ A/m @ 85 kHz puede utilizarse simultáneamente junto con los dispositivos de relojes radiocontrolados a 40/60 kHz que se emplean prácticamente en todo Japón. Se examinaron meticulosamente y acordaron los siguientes puntos:

- La mínima intensidad de campo recibida de 50 dB $\mu$ V/m puede flexibilizarse unos 10 dB.
- El periodo de carga inalámbrica del VE no siempre se solapa con el tiempo de recepción de FPSH de los dispositivos de relojes radiocontrolados.
- La dirección en la que la señal FPSH llega con la máxima intensidad de campo al dispositivo receptor no siempre coincide con la dirección principal del dispositivo TIP.
- En el manual del dispositivo TIP o en el producto TIP debe figurar el siguiente aviso o uno equivalente: «Posibles interferencias electromagnéticas perjudiciales para los dispositivos de relojes radiocontrolados que reciben FPSH».

**A7.4.4 Efectos sobre los servicios de aficionados**

La gama de frecuencias de la TIP-VE, a saber, 79-90 kHz, no se solapa con la gama de frecuencias prevista para los servicios de radioaficionados y está lo suficientemente separada. Por consiguiente, no es necesario tener en cuenta la supresión de la sensibilidad del receptor (fuera de la banda) por la interferencia. Podría resultar necesario tomar en consideración la intensidad de emisión radiada de los armónicos (emisiones no esenciales) de las TIP en el caso de que coincidan con las gamas de frecuencias de los servicios de radioaficionados. Las hipótesis de los sistemas TIP-VE en la gama de frecuencias posibles muestran los parámetros y prestaciones del sistema aceptables para demostrar la posible interferencia no perjudicial a los servicios de radioaficionados. Los detalles del estudio de estos efectos se describen en el § 7.1.1 del Informe UIT-R SM.2303.

**A7.4.5 Efectos sobre los sistemas de radiocontrol del ferrocarril**

En los estudios sobre los efectos de los sistemas de radiocomunicaciones del ferrocarril, se examinaron y analizaron mediante simulación y medición la interferencia perjudiciales en los casos reales de utilización. En el análisis se utilizaron las condiciones siguientes:

- La gama de frecuencias para la TIP no debe solaparse con las utilizadas para los sistemas de radiocomunicaciones ferroviarias, incluidos los sistemas de detención automática de trenes (ATS) y los sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias (ITRS).
- La distancia de separación de los dispositivos ATS/ITRS, en la que un sistema TIP no causa interferencias perjudiciales, debe ser inferior al umbral más crítico (aproximadamente 1,5 m) especificado en las normas de construcción de los sistemas de trenes.

Según los resultados de este estudio, la distancia de separación necesaria para cumplir estas condiciones es de más de 5 m para el ATS y de más de 45 m para el ITRS. Sin embargo, el ITRS, que utiliza la misma banda de frecuencias que la TIP-VE, está en funcionamiento en las zonas muy específicas y localmente limitadas. Los efectos sobre el ITRS pueden mitigarse mediante la cooperación entre las industrias de TIP y el operador ferroviario. Por consiguiente, el GT para la normalización de la TIP en el MIC ha decidido que la distancia de separación mencionada no debe aplicarse a la nueva normativa de Japón en materia de TIP. Como resultado de los análisis, la normativa de Japón relativa a las TIP especifica claramente la condición que deben cumplir estos sistemas, a saber, que los sistemas TIP-VE deben estar ubicados a más de 5 m de distancia de las vías férreas. Los detalles del estudio de los efectos se describen en el § 7.1.1 del Informe UIT-R SM.2303.

## Anexo 8

### Análisis de los efectos de los sistemas TIP sobre los servicios de radiodifusión

#### A8.1 Antecedentes

Se prevé que los puntos de carga de transferencia de energía inductiva, que funcionan con potencias de hasta decenas o cientos de kilovatios, sean ampliamente accesibles. Cabe esperar que muchos de ellos funcionen o produzcan armónicos en la banda de radiodifusión en ondas kilométricas de 148,5 a 283,5 kHz, en la banda de radiodifusión en ondas hectométricas de 526,5 a 1 606,5 kHz y en la banda de radiodifusión en ondas decamétricas de 2,3 a 26,1 MHz. La carga a estas potencias en las proximidades de los usuarios domésticos y móviles de estas bandas supone una importante amenaza potencial para la recepción de la radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas. En el Adjunto 1 al Anexo 8 se puede encontrar información sobre los transmisores de radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas en Europa, África y Oriente Medio. La información sobre la radiodifusión en ondas hectométricas en partes de la Región 2 figura en el Adjunto 2 al Anexo 8.

Es importante que los sistemas TIP no causen interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicaciones que funcionan en sus bandas atribuidas. Este principio está consagrado en los Artículos 15.12 y 15.13 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Resulta obvio y razonable que los servicios de radiocomunicaciones que funcionan con arreglo al Reglamento de Radiocomunicaciones en sus bandas atribuidas estén sujetos a la concesión de licencias y suelen estar sujetos a una meticulosa reglamentación; en este sentido, no deben recibir interferencia perjudicial causada por los dispositivos TIP que funcionan sin ninguna categoría reglamentaria específica. El diseño y el funcionamiento de los sistemas TIP deben respetar este principio.

#### A8.2 Factores que influyen en la interferencia

Antes de considerar las formas en que los dispositivos TIP pueden causar interferencia, y cómo controlarla, conviene examinar brevemente qué podría constituir una «interferencia perjudicial». La AM analógica, por ejemplo, no está bien defendida y niveles bastante pequeños de interferencia pueden degradar el sonido a niveles intolerables. La medida en que tal interferencia es «perjudicial» depende de una serie de factores psicoacústicos, así como de la intensidad de la señal recibida, aspectos que variarán de un oyente a otro. Sin embargo, los trabajos realizados en la UIT han establecido límites para los niveles tolerables de interferencia. Otros servicios radioeléctricos funcionan en condiciones de

propagación hostiles y en muchos casos están diseñados para ello. Esos sistemas suelen estar bien protegidos contra, al menos, ciertos tipos de interferencia.

Es probable que una parte de la energía RF generada por los dispositivos TIP escape y emita campos electromagnéticos (EM) que podrían interferir a los servicios de radiocomunicaciones. Los campos electromagnéticos interferentes pueden emitir en las frecuencias de resonancia magnética de funcionamiento del dispositivo TIP, en frecuencias próximas o en otras frecuencias, con la que existe muy probablemente una relación de armónicos. Con independencia de la robustez del sistema o del receptor contra la interferencia, hay una serie de factores que dictarán si la interferencia es o no lo suficientemente grave como para considerarse perjudicial. Los principales factores, algunos de los cuales se incluyen para completar la información y por su relevancia para la TIP, son:

- potencia de salida del dispositivo TIP;
- distancia de separación;
- intermitencia;
- direccionalidad de la antena;
- pérdidas por penetración en edificios; y
- alineación de la polarización.

En el Adjunto 3 al Anexo 8 se explican sucintamente estos efectos.

### **A8.3 Comentario y aplicación sobre los sistemas TIP y los receptores de radiodifusión**

En el caso específico de un receptor de radiodifusión con MA (ondas kilométricas, hectométricas o decamétricas) interferido por un dispositivo TIP, los factores pertinentes son la intensidad de los campos electromagnéticos parásitos dentro de la banda de frecuencias de funcionamiento del receptor (que suele comprender una combinación de radiación en la frecuencia de funcionamiento nominal de la TIP, más sus armónicos, y posiblemente también la radiación de tipo sonoro) y la separación física entre el receptor y el sistema TIP-VE.

En el caso de los equipos TIP diseñados para recargar vehículos eléctricos (TIP-VE), estos estarán operativos durante largos periodos; por consiguiente, la interferencia debe considerarse como continua y, en ese sentido, no se puede flexibilizar el requisito de protección basada en la intermitencia<sup>5</sup>. Es poco probable que pueda controlarse la dirección de radiación de los sistemas TIP-VE (especialmente en frecuencias distintas de la fundamental), y menos aún apartar su dirección de cualquier receptor de radiodifusión cercano, por lo que tampoco es posible una flexibilización en este sentido. Igualmente, es poco probable que pueda controlarse la polarización de la radiación de los sistemas TIP-VE (y, de nuevo, particularmente la de los armónicos), por lo que éstos también deben considerarse como «el caso más desfavorable».

---

<sup>5</sup> La duración de los boletines de noticias de la BBC no suele ser de más de dos minutos y la de los programas de interés general suele ser de media hora. La tolerancia del oyente a un silbido continuo de fondo no será probablemente de más de unos cuantos segundos, transcurridos los cuales tendrá la reacción de sintonizar otra emisora (competidora).

La mayoría de las gamas de funcionamiento de los sistemas TIP no coinciden con ninguna banda de radiodifusión<sup>6</sup>, por lo que resulta poco probable que la radiación en estas frecuencias de funcionamiento cause por sí misma interferencia perjudicial a los servicios de radiodifusión. Sin embargo, es posible que la radiación en frecuencias relacionadas armónicamente se encuentre dentro de las bandas de radiodifusión en ondas kilométricas (148,5 kHz a 283,5 kHz), en ondas hectométricas (526,5 a 1 606,5 kHz) o en ondas decamétricas (varias entre 3,2 MHz y 26,1 MHz).

#### A8.4 Límites tolerables de la intensidad de campo

Se han propuesto límites para los campos magnéticos emitidos por dispositivos inductivos de baja potencia que funcionan a corta distancia dados en varios lugares (por ejemplo, ERC REC 70-03 para los límites de emisión en la banda y ERC REC 74-01 para los límites de emisiones no deseadas, CISPR11, etc.). Ninguno de estos límites sugeridos parece proteger los servicios radioeléctricos en todas las circunstancias. De hecho, ha quedado demostrado que resultan inadecuados, por cuanto se conocen casos de interferencia perjudicial. El hecho de que estos casos sean raros se debe a diversos factores atenuantes, como la intermitencia de utilización, la densidad de despliegue y las distancias de separación entre las fuentes y las víctimas de la interferencia, factores que han resultado eficaces hasta ahora para limitar la extensión y la gravedad de la interferencia a niveles «tolerables». No hay pruebas que demuestren que la adaptación de los límites desarrollados para las aplicaciones inductivas de baja potencia y uso intermitente sea adecuada para las aplicaciones de transferencia de potencia inductiva de alta potencia, como la TIP-VE.

#### Obtención del máximo nivel tolerable de interferencia en el receptor MA

Resulta necesario, habida cuenta de lo anterior, calcular los límites apropiados de los primeros principios de la compatibilidad electromagnética. El primer paso en la obtención de los límites de intensidad de campo tolerable es considerar las intensidades de campo deseada e interferente en el receptor de radiodifusión, sea cual sea la distancia a la que se encuentre de la fuente interferente.

A fin de que el receptor de radiodifusión con MA siga funcionando como se pretende a los niveles establecidos para mantener un nivel satisfactorio de audibilidad y calidad de la señal en la zona de servicio planificada, el máximo nivel tolerable de cualquier campo magnético interferente puede calcularse a partir de las Recomendaciones UIT R BS.703 y UIT-R BS.560 del modo siguiente:

– Banda 5 (kilométricas) (148,5-283,5 kHz):	–45,0 dB $\mu$ A/m	
– Banda 6 (hectométricas) (526,5-1 606,5 kHz):	–51,0 dB $\mu$ A/m	(A)
– Banda 7 (decamétricas) (3,2-26,1 MHz) <sup>7</sup> :	–71,0 dB $\mu$ A/m	

En el Adjunto 4 al Anexo 8 figuran los cálculos detallados.

<sup>6</sup> A menos que los armónicos de la frecuencia de funcionamiento afecten al proceso de transferencia de energía.

<sup>7</sup> La banda de radiodifusión en ondas decamétricas (Banda 7) está dividida en 14 subbandas: 2,30-2,495, 3,20-3,40, 3,90-4,00, 4,75-5,06, 5,80-6,20, 7,20-7,45, 9,40-9,90, 11,60-12,10, 13,57-13,87, 15,10-15,83, 17,48-17,90, 18,90-19,02, 21,45-21,85 y 25,60-26,10 (en MHz).

### Enmascaramiento del ruido

Según otros estudios realizados por la BBC y detallados en el Adjunto 7 al Anexo 8, el ruido del sistema –una combinación de ruido ambiental (natural y artificial) y ruido del receptor– puede enmascarar el efecto de una fuente de interferencia sinusoidal estable. En el caso de un receptor con la misma calidad de funcionamiento que la prevista en la Recomendación UIT-R BS.703 [15], el efecto de enmascaramiento del ruido del sistema permitiría elevar en 8 dB el nivel tolerable de cualquier campo magnético interferente. Así, los valores (A) se convierten en:

- Banda 5 (kilométricas):  $-37,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$
- Banda 6 (hectométricas):  $-43,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$
- Banda 7 (decamétricas)<sup>3</sup>:  $-63,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$

### Separación entre el receptor y la fuente de interferencia

El siguiente paso para determinar la viabilidad de la coexistencia es examinar qué hipótesis son necesarias sobre la distancia de separación utilizada para definir un límite de emisión y la gama de distancias de separación que probablemente se encuentren en la práctica, junto con los factores que afectan a la propagación entre la fuente de interferencia y el receptor de radiodifusión. Estos factores dependerán de los casos de utilización de la TIP-VE.

De esta manera se pueden calcular los límites aceptables de la intensidad de campo en el emplazamiento del receptor respecto de los límites de emisión propuestos a la distancia de referencia de la fuente interferente. Según la teoría electromagnética, la intensidad de campo interferente variará con el cubo de la distancia de la fuente. Un aumento de diez veces la distancia dará lugar a una reducción de 60 dB en la intensidad de campo. Por convención, la intensidad de campo magnético de los dispositivos inductivos se especifica a una distancia de referencia o de medición de 10 metros, pero no puede esperarse que la separación entre el receptor de radiodifusión y el dispositivo TIP sea realmente de 10 metros. En el caso de un cargador de vehículo eléctrico doméstico, por ejemplo, una distancia de separación más realista para evaluar la compatibilidad sería de 3 metros, o incluso menor. En el Adjunto 5 al Anexo 8 se justifica este valor.

Por consiguiente, resulta fundamental que los límites antes calculados para la máxima intensidad de campo magnético interferente tolerable en el receptor prevalezcan a 3 metros de distancia del sistema TIP-VE. La normalización a la distancia de medición de referencia de 10 metros del cargador (es decir, 7 metros más alejado del receptor en el lado opuesto al cargador) será menor en unos 31 dB porque a estas distancias la intensidad de campo magnético disminuye con el cubo de la distancia (60 dB por década).

Restando 31 dB de las cifras de (A), se obtienen los siguientes límites de radiación para una instalación TIP-VE medidos a 10 metros de distancia:

- Banda 5 (kilométricas):  $(-45,0-31,0)$   $= -76,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$
- Banda 6 (hectométricas):  $(-51,0-31,0)$   $= -82,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  (B)
- Banda 7 (decamétricas):  $(-71,0-31,0)$   $= -102,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$

O bien, si se tienen en cuenta los 8 dB de flexibilización gracias al enmascaramiento del ruido:

- Banda 5 (kilométricas):  $-68,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$
- Banda 6 (hectométricas):  $-74,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  (B bis)
- Banda 7 (decamétricas):  $-94,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$

Obviamente, medir directamente las intensidades de campo de esta magnitud supondría todo un «reto», por lo que deben medirse a una distancia más cercana y «corregirse» de nuevo utilizando la regla de 60 dB por década (distancia).

### Ubicación geográfica

El funcionamiento de los transmisores de radiodifusión en AM está regulado por la UIT. En las Regiones 1 y 3 el instrumento pertinente es el Plan de frecuencias de Ginebra de 1975 (GE75) y en la Región 2 el Plan de frecuencias de Río de Janeiro de 1981 (RJ81). Cabe destacar que todos los valores anteriores se calcularon para un receptor que funciona en cualquier lugar de la zona de servicio planificada que está protegido por estos acuerdos. En la medida de lo posible, los radiodifusores planifican sus servicios de tal manera que los centros de población reciben una señal más fuerte que el valor mínimo de la planificación. Ahora bien, también es posible combinar este objetivo con la obtención de menores intensidades de campo, en el borde de la zona de servicio planificada y en zonas rurales escasamente pobladas que suelen ser más silenciosas en cuanto al ruido radioeléctrico. Además, en cualquier lugar puede haber una combinación de señales fuertes de transmisores que están relativamente cerca y señales más débiles de transmisores más alejados. Se supone que un sistema TIP, en particular para TIP-VE, debe poder utilizarse en cualquier lugar y, por ende, tendrá que respetar los criterios de protección de las señales más débiles utilizables.

### Otros estudios y técnicas de mitigación

En los acuerdos relativos a los Planes GE75 y RJ81 se asignan frecuencias a los transmisores de ondas kilométricas y hectométricas de tal manera que no se causen interferencias entre sí basándose en factores como la separación geográfica, la potencia del transmisor y las características de la antena. Estos Planes se basan en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560 antes citadas. Cabe señalar que los Planes de asignación regionales establecen las frecuencias de funcionamiento de los transmisores en una trama o retícula; en el Plan GE75 cada frecuencia (portadora) es un múltiplo de 9 kHz y en el Plan RJ81 un múltiplo de 10 kHz; las bandas están divididas en canales.<sup>8</sup> Esto significa que cualquier interferencia que cause un transmisor a otro siempre estará en la misma frecuencia portadora o separada por al menos (un múltiplo de) 9 kHz o 10 kHz. La reutilización de las frecuencias también se organiza teniendo en cuenta la separación geográfica, de modo que la señal de una fuente interferente cocanal o de un canal adyacente será atenuada por la distancia de la zona de servicio de la señal deseada.

Una ventaja importante de tener todas las portadoras en una trama común es que la interferencia cocanal es hasta 16 dB menos intrusiva que si las frecuencias se eligieran al azar. En la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R BS.560<sup>9</sup> puede observarse que la relación de protección relativa entre las distintas estaciones será siempre igual a cero o mejor; el efecto de la interferencia será menos perjudicial.

Este mismo principio puede aplicarse a los sistemas TIP si su frecuencia de funcionamiento se selecciona y establece para que sea un múltiplo de 9 kHz o 10 kHz. Cuando la frecuencia de funcionamiento se elige de esta manera, cualquier armónico se encontrará también (automáticamente) en la trama de frecuencias de emisión. En noviembre de 2017 la BBC realizó pruebas subjetivas para investigar los efectos subjetivos de la interferencia procedente de una portadora no modulada situada dentro o fuera de la trama. Estas pruebas se describen en el artículo técnico [WHP 332](#) de Investigación y Desarrollo de la BBC, noviembre de 2017 – Transferencia inalámbrica de potencia: interferencia de la portadora simple causada a la recepción con MA, que se reproduce como Adjunto 6 al Anexo 8.

El gráfico del informe de la BBC se reproduce en la Fig. A8-1.

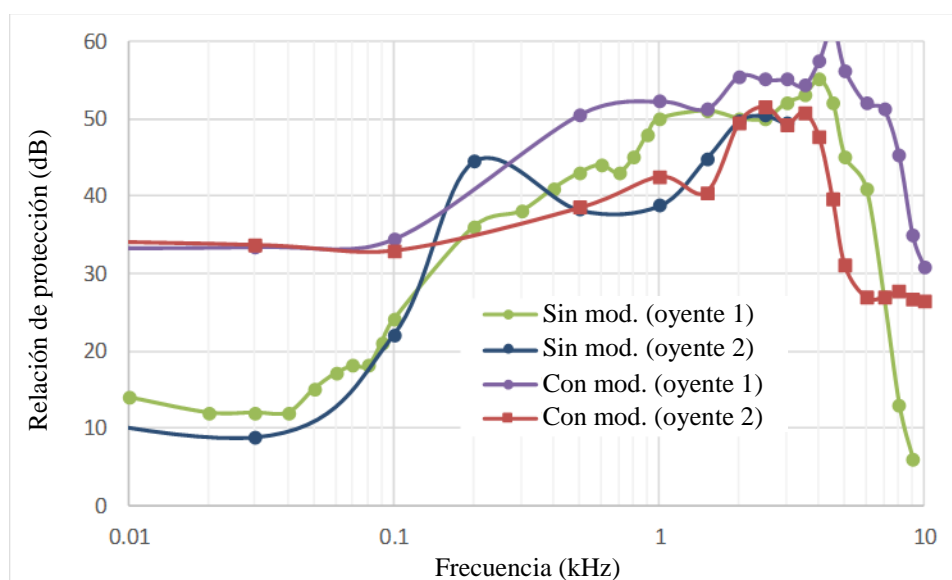
---

<sup>8</sup> El canal «inferior» en la banda de ondas kilométricas tiene una frecuencia portadora de 153 kHz y se extiende de 148,5 kHz a 157,5 kHz. El siguiente canal tiene una frecuencia portadora de 162 kHz y se extiende de 157,5 kHz a 166,5 kHz, etc.

<sup>9</sup> Se reproduce en el Adjunto 4 al Anexo 8.

FIGURA A8-1

Relaciones de protección requeridas con fuentes interferentes moduladas y no moduladas



Aparte de confirmar los cálculos anteriores de la intensidad de campo tolerable, el estudio muestra que si la frecuencia de funcionamiento de la TIP y sus armónicos<sup>10</sup> son simples sinusoides (no están modulados) y se encuentran cerca de las frecuencias de la trama de radiodifusión, la intensidad de campo puede ser 22 dB mayor (por encima de los 16 dB de la Recomendación UIT-R BS.560, es decir, 38 dB en total) sin que se produzca un efecto audible perjudicial sobre el audio demodulado del receptor. Sin embargo, si la fuente interferente no está lo suficientemente cerca de la frecuencia de la trama, siguen siendo de aplicación las disposiciones de las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560.

La separación entre cada armónico significativo y la correspondiente frecuencia de la trama debe ser inferior a unos  $\pm 50$  Hz. Si el mayor armónico significativo es, por ejemplo, el 12º, la frecuencia de la fundamental se tendrá que establecer y controlar dentro de unos 4 Hz. En el caso de un dispositivo TIP de potencia media que funcione en la gama de 79 kHz a 90 kHz, si todos los armónicos han de ser múltiplos de 9 kHz (Regiones 1 y 3) la elección de la frecuencia fundamental queda limitada a 81 kHz o 90 kHz. Análogamente, para la trama de 10 kHz (Región 2) la elección se limita a 80 kHz o 90 kHz.

Considerando en particular a las Regiones 1 y 3<sup>11</sup> de la UIT, en las bandas de radiodifusión hay 15 canales de ondas kilométricas y 120 canales de ondas hectométricas. Suponiendo que la frecuencia de funcionamiento de la TIP se selecciona para estar en consonancia con la trama de planificación de la radiodifusión de 9 kHz, las únicas estaciones de radiocomunicaciones que se verán afectadas son aquellas en las que un armónico del sistema TIP-VE coincide con la portadora de una estación de radiodifusión receptora. Si se observan los armónicos del sistema TIP-VE hasta el 19º (el 18º armónico de 90 kHz y el 20º armónico de 81 kHz quedan fuera y por encima de la banda de radiodifusión en ondas hectométricas), 4 (de los 15) canales de ondas kilométricas se verán afectados, así como 25 (de los 120) canales de ondas hectométricas. Si se puede controlar la radiación parásita en los armónicos de orden superior, se podría reducir considerablemente el número de canales afectados en ondas hectométricas. En algunas situaciones, cuando se sabe que existe una señal

<sup>10</sup> Si las frecuencias de funcionamiento de la TIP-VE (por ejemplo, los cargadores de vehículos) se limitan a la gama de 79-90 kHz, solo los armónicos afectarán al servicio de radiodifusión.

<sup>11</sup> Se puede hacer una evaluación similar para la Región 2, pero se omite aquí por razones de brevedad.

entrante particularmente débil que podría recibirse de una determinada estación, es posible elegir la frecuencia de funcionamiento TIP-VE para evitar un conflicto. Obsérvese, no obstante, que el décimo armónico de 81 kHz y el noveno armónico de 90 kHz coinciden en el canal de radiodifusión de 810 kHz. Es posible recurrir a consideraciones similares a la hora de planificar las redes de radiodifusión de manera que los transmisores no se interfieran entre sí.

Revisando los valores de las ecuaciones (A) anteriores, para los niveles tolerables de radiación procedente de los sistemas TIP-VE en el receptor (o a la mínima distancia de separación prevista) cuando se utiliza la trama de canales de radiodifusión, se obtiene:

–	Banda 5 (kilométricas): $(-45,0 + 38,0)$	$-7,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	
–	Banda 6 (hectométricas): $(-51,0 + 38,0)$	$-13,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	(C)
–	Banda 7 (decamétricas): $(-71,0 + 38,0)$	$-33,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	

O bien, para las ecuaciones (B), a una distancia de medición de 10 metros:

–	Banda 5 (kilométricas): $(-76,0 + 38,0)$	$-38,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	
–	Banda 6 (hectométricas): $(-82,0 + 38,0)$	$-44,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	(D)
–	Banda 7 (decamétricas): $(-102,0 + 38,0)$	$-64,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	

### Estudios que utilizan un receptor comercial

La BBC llevó a cabo un estudio adicional en junio de 2018 utilizando un «receptor comercial». Este estudio se describe en el Adjunto 7 al Anexo 8.

Una conclusión importante de este informe es que el ruido de sistema –es decir, la combinación del ruido ambiental y el del receptor– podría tener el efecto de enmascarar a una fuente interferente de monotonal. El efecto psicoacústico de este enmascaramiento permite flexibilizar en 8 dB los valores indicados en los apartados (A) y (B) anteriores.

En el receptor:

–	Banda 5 (kilométricas):	$-37,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	
–	Banda 6 (hectométricas):	$-43,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	(A bis)
–	Banda 7 (decamétricas):	$-63,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	

A una distancia de medición de 10 metros:

–	Banda 5 (kilométricas):	$-68,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	
–	Banda 6 (hectométricas):	$-74,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	(B bis)
–	Banda 7 (decamétricas):	$-94,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$	

Estos valores se recogen en el Cuadro A8-1.



CUADRO A8-1

**Límites de las emisiones radiadas de TIP-VE para proteger los servicios de radiocomunicaciones que funcionan por debajo de 30 MHz**  
cuando el sistema TIP-VE no está enganchado a la trama de radiodifusión<sup>(1)</sup>

Servicio	Banda	Potencia de TIP-VE <sup>(2)</sup>	Requisitos/límites de protección de armónicos TIP-VE (a una distancia de separación mínima o en la antena receptora)			Corrección para una distancia de medición de 10 m <sup>(3)</sup>
			1 m	3 m	10 m	
Radiodifusión	Kilométricas 148,5-283,5 kHz	Baja/reducida	-37 dBμA/m			-97 dBμA/m
		Media		-37 dBμA/m		-68 dBμA/m
		Alta			-37 dBμA/m	-37 dBμA/m
	Hectométricas 526,5-1 606,5 kHz	Baja/reducida	-43 dBμA/m			-103 dBμA/m
		Media		-43 dBμA/m		-74 dBμA/m
		Alta			-43 dBμA/m	-43 dBμA/m
	Decamétricas 2,30-26,10 MHz <sup>(4)</sup>	Baja/reducida	-63 dBμA/m			-123 dBμA/m
		Media		-63 dBμA/m		-94 dBμA/m
		Alta			-63 dBμA/m	-63 dBμA/m

<sup>(1)</sup> Cuando los armónicos de TIP-VE están armonizados con la trama de frecuencias de radiodifusión, se puede flexibilizar en 30 dB estos valores tolerables – Cuadro A8-2.

<sup>(2)</sup> Clases de potencia TIP-VE: Potencia elevada de TIP-VE, cuando es superior a 22 kW; potencia media de TIP-VE, entre 3,3 kW y 22 kW; potencia baja de TIP-VE, entre 50 W y 3,3 kW; potencia reducida de TIP-VE, cuando es inferior a 50 W.

<sup>(3)</sup> Véase el Adjunto 5 al Anexo 8.

<sup>(4)</sup> La banda de radiodifusión en ondas decamétricas (Banda 7) se divide en 14 subbandas: 2,30-2,495, 3,20-3,40, 3,90-4,00, 4,75-5,06, 5,80-6,20, 7,20-7,45, 9,40-9,90, 11,60-12,10, 13,57-13,87, 15,10-15,83, 17,48-17,90, 18,90-19,02, 21,45-21,85 y 25,60-26,10 (en MHz).

CUADRO A8-2

**Límites de las emisiones radiadas de TIP-VE para proteger los servicios de radiocomunicaciones que funcionan por debajo de 30 MHz**  
cuando el sistema TIP-VE está enganchado a la trama de radiodifusión

Servicio	Banda	Potencia de TIP-VE <sup>(1)</sup>	Requisitos/límites de protección de armónicos TIP-VE (a una distancia de separación mínima o en la antena receptora)			Corrección para una distancia de medición de 10 m <sup>(2)</sup>
			1 m	3 m	10 m	
Radiodifusión	Kilométricas 148,5-283,5 kHz	Baja/reducida	-7 dBμA/m			-67 dBμA/m
		Media		-7 dBμA/m		-38 dBμA/m
		Alta			-7 dBμA/m	-7 dBμA/m
	Hectométricas 526,5-1 606,5 kHz	Baja/reducida	-13 dBμA/m			-73 dBμA/m
		Media		-13 dBμA/m		-44 dBμA/m
		Alta			-13 dBμA/m	-13 dBμA/m

CUADRO A8-2 (fin)

Servicio	Banda	Potencia de TIP-VE <sup>(1)</sup>	Requisitos/límites de protección de armónicos TIP-VE (a una distancia de separación mínima o en la antena receptora)			Corrección para una distancia de medición de 10 m <sup>(2)</sup>
			1 m	3 m	10 m	
	Decamétricas 2,30-26,10 MHz <sup>(3)</sup>	Baja/reducida	-33 dBμA/m			-93 dBμA/m
		Media		-33 dBμA/m		-64 dBμA/m
		Alta			-33 dBμA/m	-33 dBμA/m

<sup>(1)</sup> Clases de potencia TIP-VE: Potencia elevada de TIP-VE, cuando es superior a 22 kW; potencia media de TIP-VE, entre 3,3 kW y 22 kW; potencia baja de TIP-VE, entre 50 W y 3,3 kW; potencia reducida de TIP-VE, cuando es inferior a 50 W.

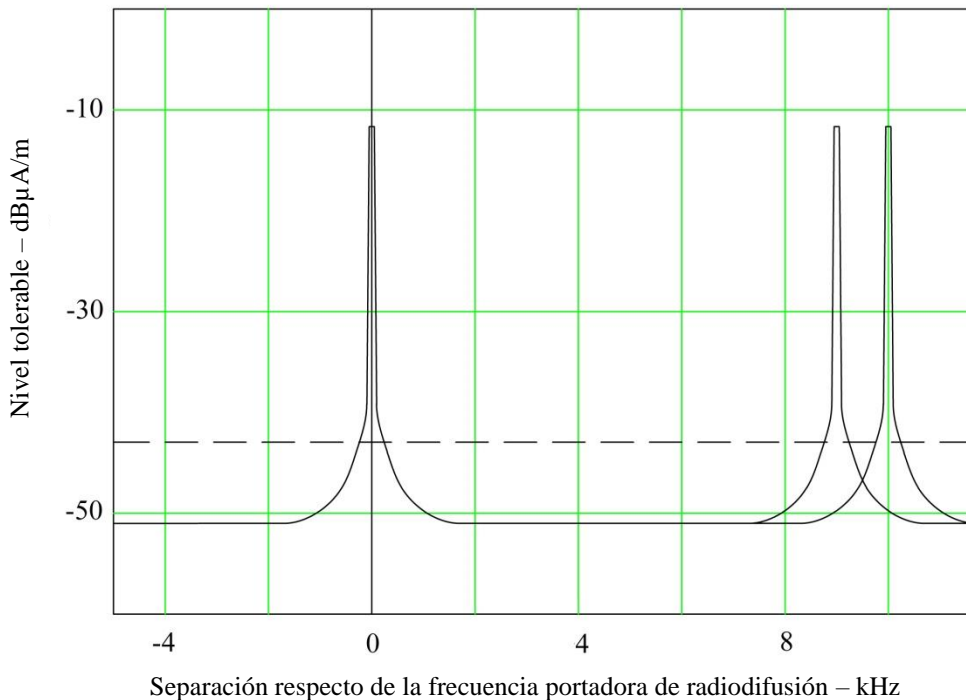
<sup>(2)</sup> Véase el Adjunto 5 al Anexo 8.

<sup>(3)</sup> La banda de radiodifusión en ondas decamétricas (Banda 7) se divide en 14 subbandas: 2,30-2,495, 3,20-3,40, 3,90-4,00, 4,75-5,06, 5,80-6,20, 7,20-7,45, 9,40-9,90, 11,60-12,10, 13,57-13,87, 15,10-15,83, 17,48-17,90, 18,90-19,02, 21,45-21,85 y 25,60-26,10 (en MHz).

La Fig. A8-2 muestra el efecto del funcionamiento «acorde con la trama».

FIGURA A8-2

Curva espectral que representa los límites de las emisiones radiadas de TIP-VE en función de la separación respecto de la frecuencia portadora de radiodifusión con MA



En la Fig. A8-2, la línea continua representa el nivel tolerable de interferencia causada por una fuente interferente de onda sinusoidal no modulada sin enmascaramiento de ruido, mientras que la línea discontinua muestra el efecto del enmascaramiento de ruido en el límite de recepción. La curva es aplicable exclusivamente a una sola fuente interferente de onda sinusoidal.

## Adjunto 1 al Anexo 8

### Información sobre transmisores de radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas susceptibles de verse afectados por la TIP-VE

#### A8-A1.1 Introducción

En este adjunto se proporciona una lista de fuentes de información junto con una descripción de los transmisores en ondas kilométricas y hectométricas existentes en Europa, África y Oriente Medio. Estos transmisores se utilizan para los servicios nacionales e internacionales de radiodifusión, en su mayoría analógicos, aunque ya se están desplegando servicios digitales.

#### A8-A1.2 Fuentes disponibles de información

La información suministrada en las fuentes que figuran a continuación corresponden a las fechas indicadas en los cuadros y gráficos correspondientes y pudieran haber cambiado posteriormente.

##### A8-A1.2.1 Consulta en línea al MIFR (servicios terrenales) (versión BETA)

Enlace: <https://www.itu.int/ITU-R/terrestrial/eTerraQuery/eQry.aspx>

Se puede efectuar la extracción y análisis estadístico de la información relacionada con transmisores en ondas kilométricas y hectométricas inscritas en el MIFR.

##### A8-A1.2.2 MWLIST – Base de datos de radio de onda larga, onda media, bandas tropicales y onda corta

Enlace: [http://www.mwlist.org/mwlist\\_quick\\_and\\_easy.php?area=1&kHz=530](http://www.mwlist.org/mwlist_quick_and_easy.php?area=1&kHz=530)

Véase el Apéndice 1 como ejemplo de información que podría obtenerse directamente de esta fuente.

##### A8-A1.2.3 Transmisores de onda media (hectométricas) en el Reino Unido (información complementaria a la que figura en el § 2.2)

Parámetros técnicos para los transmisores de radiodifusión:

Enlace: [https://www.ofcom.org.uk/\\_data/assets/excel\\_doc/0017/91304/TechParams.xlsx](https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/excel_doc/0017/91304/TechParams.xlsx)

Véase el Apéndice 2 como ejemplo de información que podría obtenerse directamente de esta fuente.

##### A8-A1.2.4 Para la implementación de DRM en onda media (hectométricas)

Digital Radio Mondiale: <http://www.drm.org/>

Toda la onda media DRM en India:

<http://allindiaradio.gov.in/Oppurtunities/Tenders/Documents/DRM%20Medium%20Wave%20update%2004042016.pdf>

## Suplemento 1 al Adjunto 1 al Anexo 8

Captura de pantalla de la base de datos MWLIST (Base de datos de radio de onda larga, onda media, bandas tropicales y onda corta):

[http://www.mwlist.org/mwlist\\_quick\\_and\\_easy.php?area=1&kHz=530](http://www.mwlist.org/mwlist_quick_and_easy.php?area=1&kHz=530)

The screenshot shows the MWLIST website interface. At the top, there's a search bar with the URL [www.mwlist.org/mwlist\\_quick\\_and\\_easy.php?area=1&kHz=153](http://www.mwlist.org/mwlist_quick_and_easy.php?area=1&kHz=153). Below the search bar, the page title is "MWLIST quick and easy: Europe, Africa and Middle East". There are several tabs open in the browser, including "Inde", "Cou", "Eur", "201", "ITU", "CEP", "Tec", "G wor", "m MV", "m Wo", "W List", and "Trello".

The main content area displays a list of radio stations for 153 kHz. The list includes columns for Country, Station (with a web site link), Transmitter (with a Google Maps link), kW, and Remarks. The stations listed are:

Country	Station (web site link)	Transmitter (GoogleMaps link)	kW	Remarks	Live audio
ALG	Chaîne 1 Radio Algérie Int.	0100-0200 ar; Chaîne 1 0200-0100 ar	2000	active with very low modulation. ID heard 03May2015 // 198 576 891 909 1071	
NOR	NRK P1/NRK P2 NRK Finnmark 24h no	Ingøy *	100		
ROU	SRR Antena Satelor 24h ro	Braşov/Bod Colonie *	200	Harris DX-200 tx // 531 630 1314	

En el Cuadro A8-3 se indican los transmisores en ondas kilométricas de Europa, África y Oriente Medio según los datos de [www.mwlist.org](http://www.mwlist.org), extraídos al mes de septiembre de 2017.

CUADRO A8-3

**Transmisores en ondas kilométricas de Europa, África y Oriente Medio según datos de [www.mwlist.org](http://www.mwlist.org), extraídos al mes de septiembre de 2017**

Frecuencia (kHz)	País	Estación	Transmisor	kW
153	ALG	Chaîne 1 Radio Algérie Int.	Kenadsa (Béchar) *	2 000
153	NOR	NRK P1/NRK P2 NRK Finnmark	Ingøy *	100
153	ROU	SRR Antena Satelor	Braşov/Bod Colonie *	200
162	F	TDF time signal	Allouis *	1 100
171	MRC	Médi 1	Nador (LW) *	1 600
183	D	Europe 1	Felsberg/Zum Sender (Sauberg) *	1 500
189	ISL	RÚV Rás 1/RÚV Rás 2	Gufuskálar (Hellissandur) *	300
198	ALG	Chaîne 1	Berkaoui (Ouargla) *	2 000
198	G	BBC Radio 4	Droitwich/Mast A-B *	500
198	G	BBC Radio 4	Westerglen *	50
198	G	BBC Radio 4	Burghead *	50
198	G	BBC Radio 4	Dartford Tunnel *	0,004

CUADRO A8-3 (fin)

Frecuencia (kHz)	País	Estación	Transmisor	kW
207	ISL	RÚV Rás 1/RÚV Rás 2	Eiðar *	100
207	MRC	SNRT Al Idaâ Al-Watania	Azilal Demnate *	400
216	F	RMC Info	Roumoules *	1 400/700
225	POL	Polskie Radio Jedyńka	Solec Kujawski/Kabat *	1 000
234	LUX	RTL	Beidweiler *	1 500
243	DNK	DR Langbølge	Kalundborg/Radiovej *	50
252	ALG	Chaîne 3	Tipaza *	1 500/750
252	IRL	RTÉ Radio 1	Clarkestown/Summerhill *	150/60
270	CZE	ČRo Radiožurnál	Topolná *	50

En las Figs. A8-3 y A8-4 se muestra la distribución de transmisores en ondas hectométricas por frecuencia y por país en Europa, África y Oriente Medio, según los datos de [www.mwlist.org](http://www.mwlist.org), extraídos al mes de septiembre de 2017.

FIGURA A8-3

Número de transmisores en ondas hectométricas por frecuencia en Europa, África y Oriente Medio  
(fuente: [www.mwlist.org](http://www.mwlist.org), septiembre de 2017)

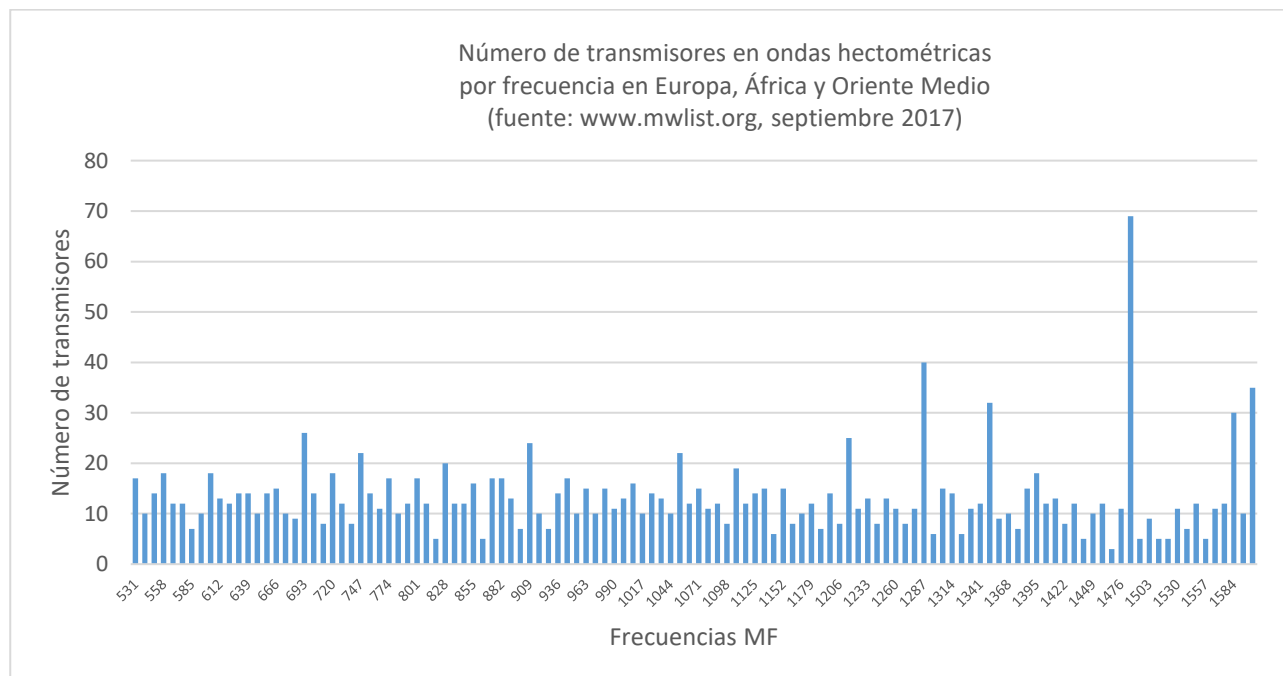
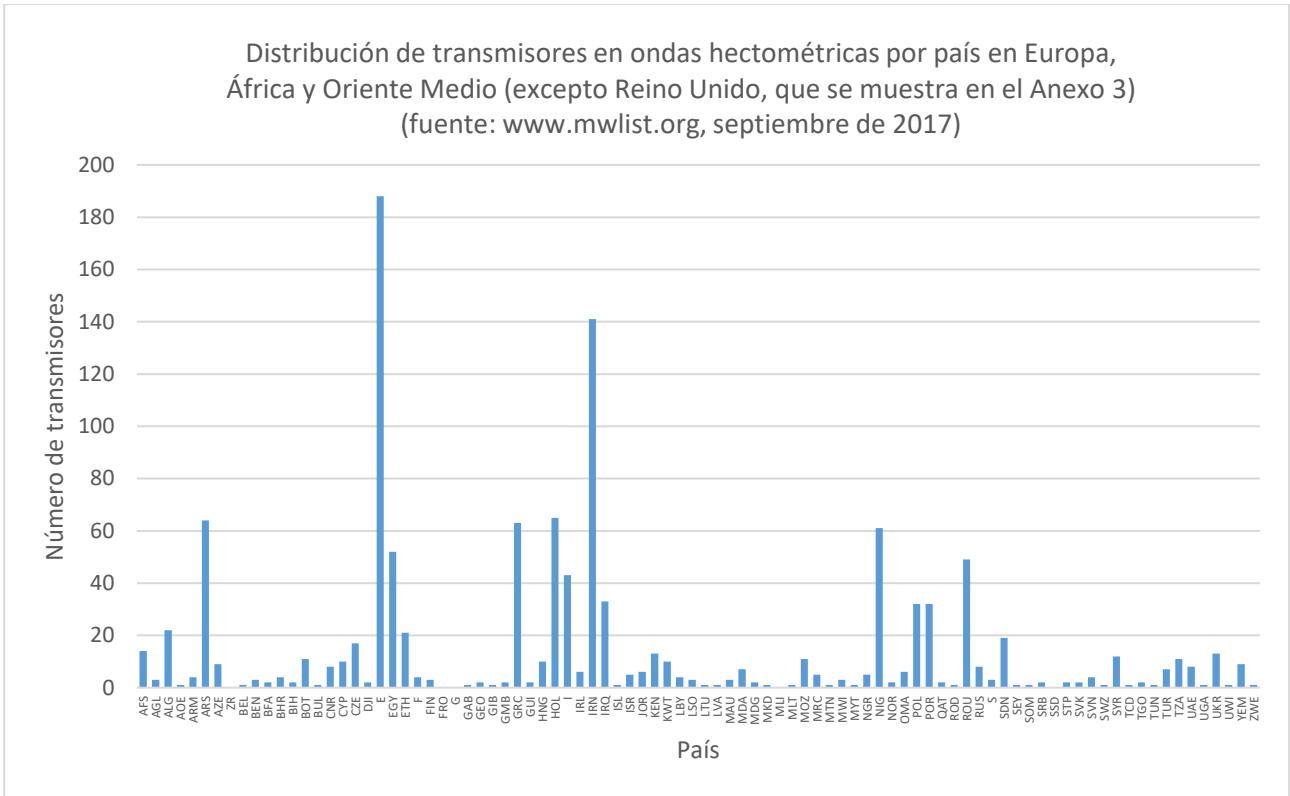


FIGURA A8-4

**Distribución de transmisores en ondas hectométricas por país en Europa, África y Oriente Medio (excepto Reino Unido, que se muestra en el Suplemento 2)**  
 (fuente: [www.mwlist.org](http://www.mwlist.org), septiembre de 2017)



**Suplemento 2 al  
Adjunto 1 al Anexo 8**

**Información sobre los parámetros técnicos de los  
transmisores de radiodifusión (Ofcom, Reino Unido)**

FIGURA A8-5  
**Número de transmisores en ondas hectométricas en el Reino Unido  
(fuente: Ofcom, agosto de 2017)**

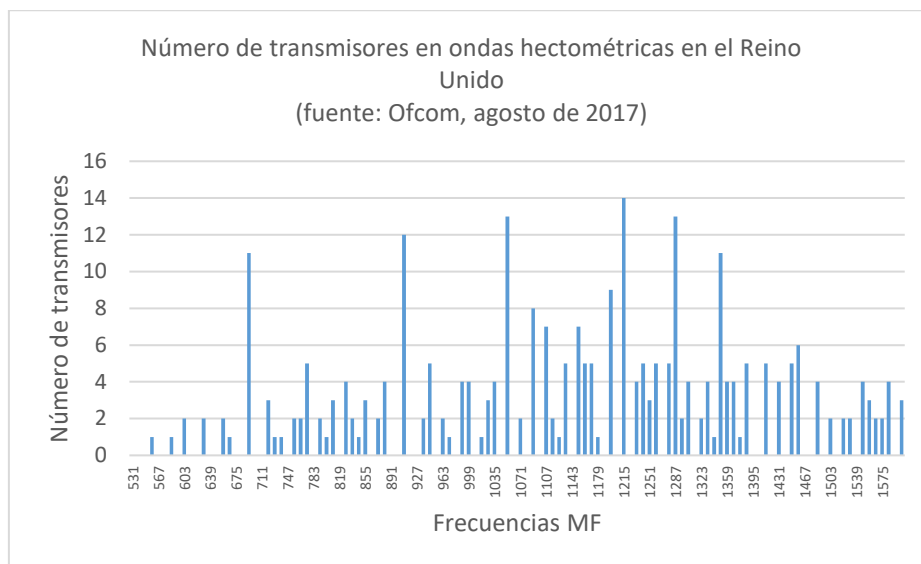
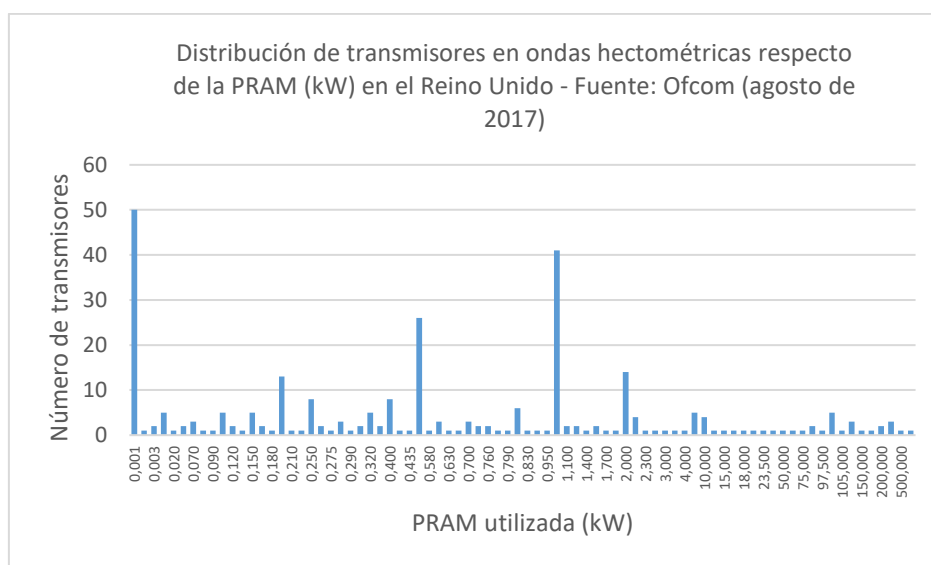


FIGURA A8-6  
**Distribución de transmisores en ondas hectométricas respecto de la potencia radiada aparente del monopolio  
(PRAM – kW) en el Reino Unido – Fuente: Ofcom (agosto de 2017)**



Nota a las Figs. A8-5 y A8-6 – La base de datos en línea de Ofcom indica que en el Reino Unido se está utilizando 294 transmisores en ondas hectométricas a 75 frecuencias distintas. La PRAM oscila entre 1 W (estaciones de radiocomunicaciones pequeñas en hospitales, comunidades o campus) a varios cientos de kW en el caso de grandes estaciones nacionales y comerciales. La base de datos Ofcom puede descargarse de su sitio web: <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/information/radio-tech-parameters>.

## **Adjunto 2 al Anexo 8**

### **Informe de la radiodifusión en ondas hectométricas en partes de la Región 2**

#### **A8-A2.1 Descripción general**

Los dispositivos de transferencia inalámbrica de potencia (TIP-VE) representan una fuente importante de interferencia potencial para la radiodifusión en ondas hectométricas en la Región 2. En informes y estudios anteriores se ha identificado la interferencia recibida por las estaciones de radiodifusión que funcionan entre 540 kHz y 610 kHz causada por los cargadores inalámbricos de 15 W diseñados para dispositivos móviles. Los posibles efectos de los dispositivos TIP-VE destinados a vehículos eléctricos y que funcionan a 3 kW – 11 kW constituye una amenaza mayor para la radiodifusión con MA.

La radiodifusión en ondas hectométricas proporciona diariamente un importante canal de comunicación a cientos de millones de personas en toda la Región 2. Este servicio es especialmente importante en situaciones de emergencia y catástrofes, cuando es necesario transmitir rápidamente información esencial para salvar vidas.

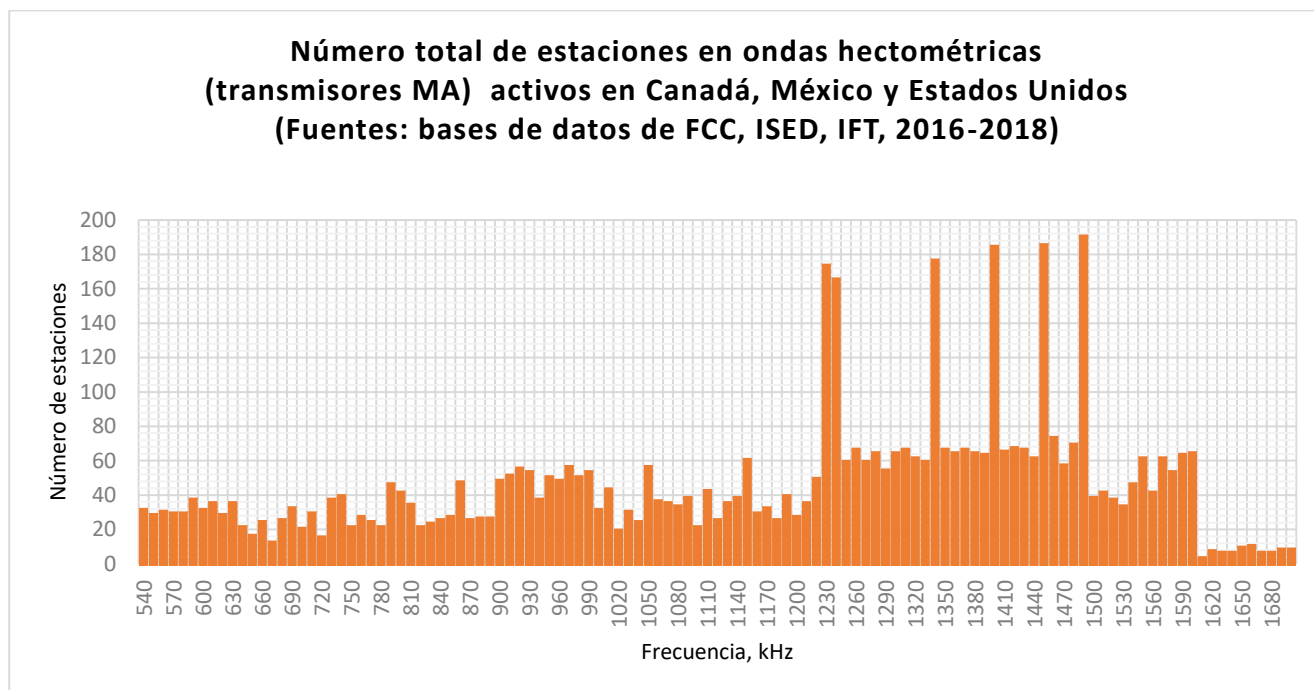
#### **A8-A2.2 Introducción**

La radiodifusión en ondas hectométricas se ve cada vez más afectada por las interferencias y el ruido artificial. Sin embargo, la radio con MA se sigue utilizando para difundir noticias locales críticas, información sobre el clima, el tráfico, los deportes y las emergencias.

La banda de MF se sigue escuchando mucho en Canadá, México y Estados Unidos. Según un análisis reciente de las bases de datos de las estaciones de radio que mantienen la FCC (Estados Unidos), el IFT (México) y la ISED (Canadá), existen más de 5 000 transmisores de radiodifusión con MF que funcionan en estos países de América del Norte y que prestan servicio a una población de más de 570 millones de personas. Cuando se necesita dar cobertura a vastas zonas geográficas, las transmisiones en media frecuencia siguen siendo la forma más rentable de llegar a zonas que de otro modo no tendrían cobertura por las estaciones de ondas métricas de corto alcance.



FIGURA A8-7



### A8-A2.3 Estudio de mercado

#### Estados Unidos

Solo en los Estados Unidos hay operativos más de 4 685 transmisores MF en los 50 estados. La audiencia semanal de la radio AM alcanza los 64 698 500 oyentes mayores de 18 años.<sup>12</sup>

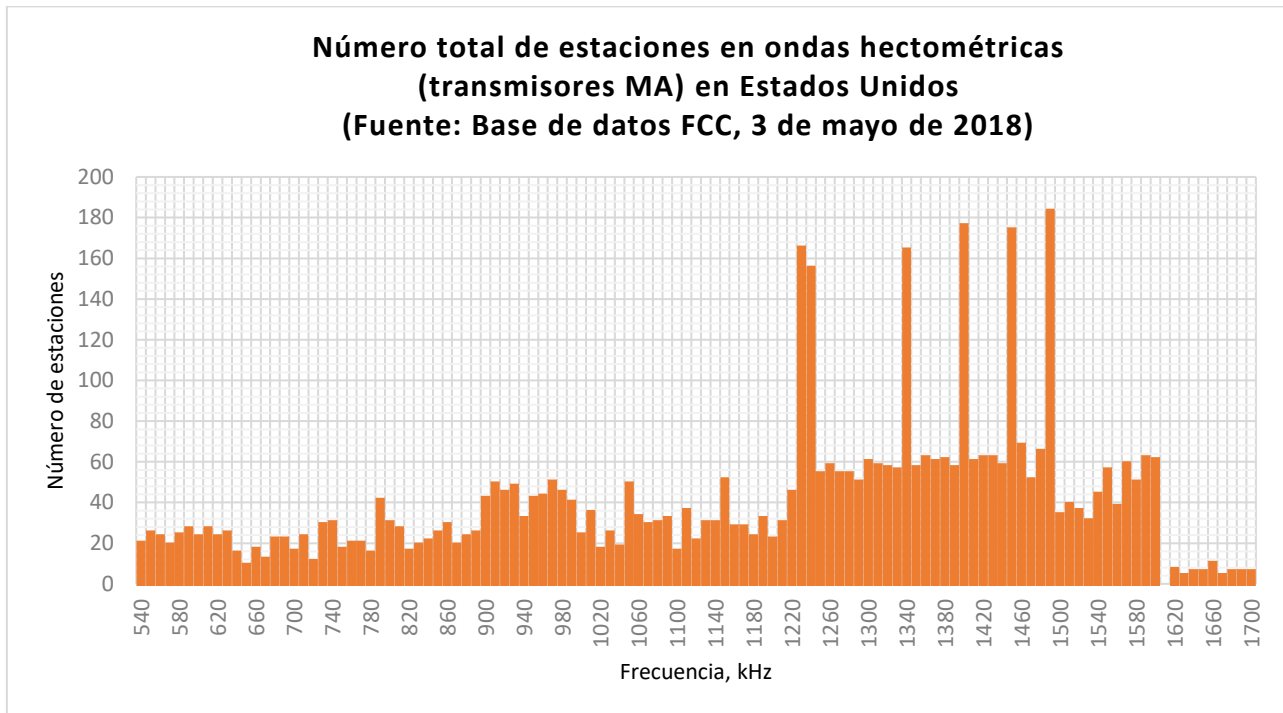
En Estados Unidos estas estaciones han sido tradicionalmente los puntos de referencia para noticias, charlas y programas deportivos debido a su gran capacidad de cobertura de señal, especialmente las estaciones de alta potencia. De las 10 emisoras de radio de mayor facturación en Estados Unidos, cinco de ellas son emisoras con MF.

El histograma de la Fig. A8-8 muestra la distribución con frecuencia de las 4 685 estaciones MA en funcionamiento en los EE.UU.

Número total de estaciones:	4 685
Máximo nivel de potencia:	50 kW
Mínimo nivel de potencia:	0,135 kW

<sup>12</sup> Estudio realizado en 2017 por Nielsen Fall, total de personas 12+, de lunes a domingo de 06.00 horas a medianoche.

FIGURA A8-8



## Canadá

En junio de 2017, Edison Research publicó el primer estudio de Share of Ear en Canadá, que le había sido encomendado por Radio Connects, un grupo de comercialización y promoción de la industria de la radio. Los resultados del estudio mostraron que las emisoras de radio representan el 61% de la audiencia canadiense. En Estados Unidos este porcentaje era del 50 por ciento durante el mismo periodo.

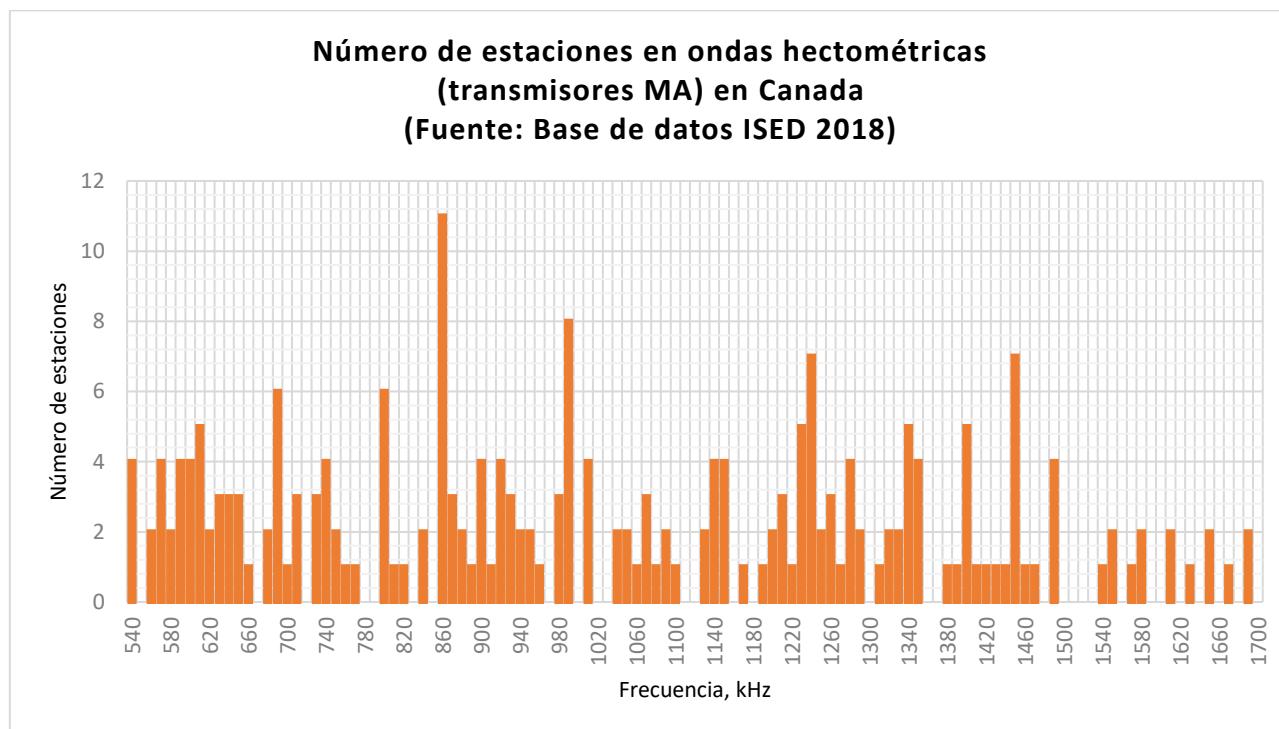
Si bien se ha producido una evolución constante de la audiencia en ondas hectométricas (MA) a ondas métricas (MF) donde el espectro lo permite, en Canadá sigue habiendo un grupo de 227 estaciones de radio MA. Este número representa el 8% del total de estaciones de radio operativas en Canadá. Además, Canadá ha protegido las atribuciones para otras 482 frecuencias MA.

Las Praderas Canadienses, una región del oeste del Canadá que comprende las provincias de Alberta, Saskatchewan y Manitoba, es la porción canadiense de las Grandes Llanuras de América del Norte. Las naciones originarias, nativas de la región, son una cultura influyente en las Praderas. La radio es muy eficaz para dar cobertura y servicio a esta gran extensión geográfica y para dirigirse en distintos idiomas a los indígenas. La radiodifusión en ondas hectométricas resulta especialmente adecuada para transmitir eficientemente señales hacia extensas zonas geográficas.

El histograma de la Fig. A8-9 representa las 227 estaciones MA en funcionamiento en el mercado canadiense y su distribución de frecuencias.

Total de estaciones:	227
Máximo nivel de potencia:	50 kW
Mínimo nivel de potencia:	0,1 kW (de noche)

FIGURA A8-9



## México

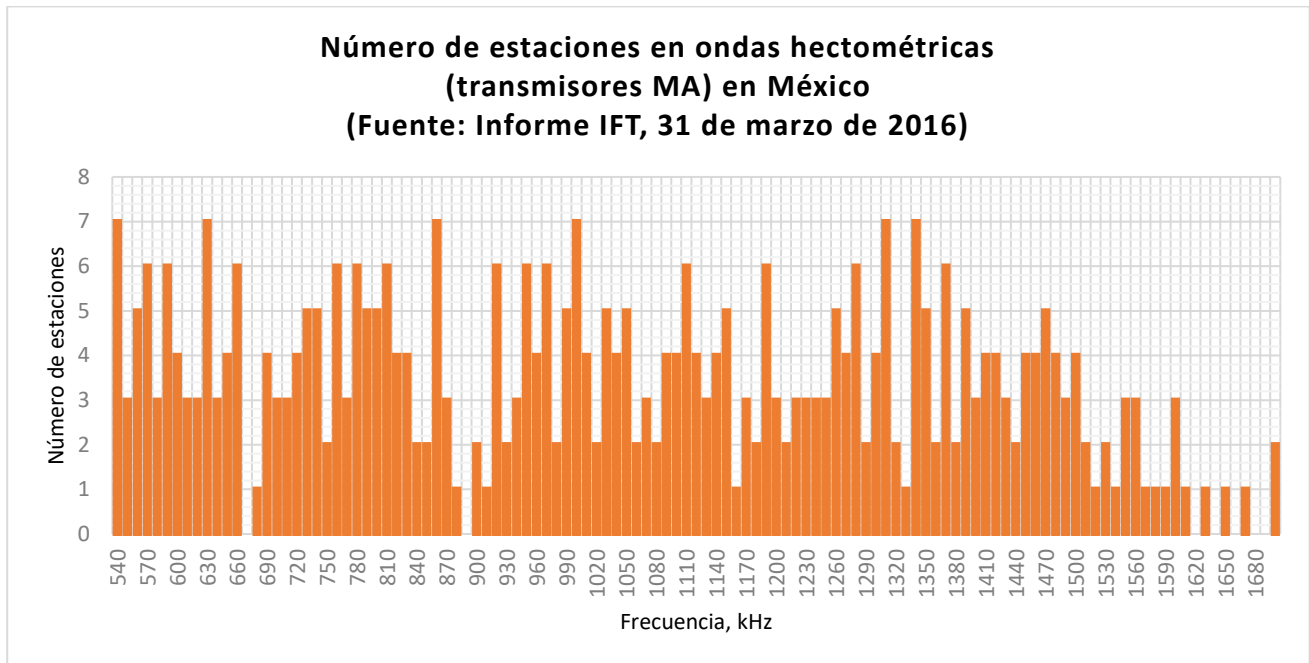
Según una encuesta nacional sobre los medios de comunicación publicada por el IFT en 2016, el 15% de la población de México escucha activamente la radio en ondas hectométricas.<sup>13</sup>

El histograma de la Fig. A8-10 representa las 393 estaciones operativas en ondas hectométricas (MA) en México y su distribución de frecuencias.

Total de estaciones:	393
Máximo nivel de potencia:	250 kW
Mínimo nivel de potencia:	0,025 kW (de noche)

<sup>13</sup> IFT: Reporte trimestral de audiencias de radio y televisión con perspectiva de género, abril – junio de 2017.

FIGURA A8-10



### Adjunto 3 al Anexo 8

#### Factores que afectan a los efectos negativos de la interferencia

**Potencia de salida del dispositivo TIP-VE** – La potencia tendrá, obviamente, un efecto considerable en la posibilidad del dispositivo TIP-VE de causar interferencia perjudicial. Cuanto mayor sea la potencia de salida, mayor será el potencial de interferencia. También debe tenerse en cuenta la radiación de los dispositivos TIP-VE en frecuencias relacionadas armónicamente. Los mecanismos para emitir campos electromagnéticos fuera de los límites de los dispositivos TIP pueden ser muchos y variados y no puede suponerse que los niveles de interferencia estén directamente relacionados con el nivel de la energía RF generada dentro de los dispositivos TIP-VE.

**Distancia de separación** – A distancias cortas<sup>14</sup>, la intensidad del campo magnético disminuye con el cubo de la distancia entre la fuente de radiación y el punto de medición. Por consiguiente, el potencial de interferencia aumenta notablemente a medida que la fuente de interferencia se acerca al receptor afectado. Por convenio, los límites EMC establecidos para las «emisiones radiadas» de cualquier dispositivo se definen a una distancia de medición de 10 m del dispositivo. No cabe interpretar en modo alguno que 10 m sea una distancia de separación representativa o esperada entre un dispositivo TIP-VE y el receptor afectado; a los efectos de establecer límites para los campos parásitos es preciso especificar una distancia adecuada a la que medir.

<sup>14</sup> Inferiores a  $\lambda/2\pi$ , siendo  $\lambda$  la longitud de onda a la frecuencia considerada.

**Intermitencia** – Una breve ráfaga de radiación, incluso a un nivel bastante elevado, con una relación pequeña trabajo/reposo, es mucho menos probable que cause interferencia perjudicial a un servicio de radiocomunicaciones que un dispositivo que funcione de forma continua. En un canal de radiodifusión, por ejemplo, una breve ráfaga se percibirá como un breve clic ocasional con tan solo un leve efecto psicoacústico.

**Direccionalidad de la antena** – Probablemente solo sea relevante en casos muy concretos; si toda la radiación parásita se orienta, por ejemplo, verticalmente hacia arriba y todos los posibles receptores víctimas están dispersos horizontalmente alrededor del dispositivo TIP-VE, es probable que se minimice la interferencia. Los sistemas de antenas de la mayoría de los receptores de radio son hasta cierto punto direccionales, pero resulta difícil garantizar que el dispositivo TIP-VE no controlado esté siempre, o a menudo, en la dirección de mínima sensibilidad.

**Pérdida por penetración en edificios** – A altas frecuencias (mucho más altas que las previstas para la TIP-VE) los muros u otros obstáculos interpuestos entre el dispositivo TIP-VE y el receptor víctima podría atenuar el efecto de cualquier interferencia. Sin embargo, en el caso de los sistemas TIP-VE de baja frecuencia esto solo ocurrirá si la pared o barrera está hecha de un material de alta permeabilidad magnética, es en sí misma un conductor o tiene elementos conductores en su interior. Los materiales de construcción más comunes, ladrillos, madera, etc. no son ni conductores ni magnéticos. Las pruebas informales realizadas por la BBC y consignadas en un informe de Ofcom confirma esas hipótesis. Algunos edificios tienen refuerzos metálicos (conductores) entre el hormigón o plásticos y las corrientes inducidas en los elementos conductores pueden afectar a los campos magnéticos. Sin embargo, probablemente la mayoría de los edificios no están contruidos con tales materiales, ni mucho menos todos. Además, no hay razón para suponer que los receptores siempre funcionarán dentro de edificios, a cierta distancia de una unidad TIP-VE.

**Alineación de la polarización** – En la mayoría de los sistemas de radiocomunicaciones se intenta alinear la polarización de la antena receptora con la del transmisor. Por ejemplo, un receptor portátil de radiodifusión en ondas kilométricas o hectométricas suele tener una antena de varilla de ferrita montada horizontalmente que es más sensible a la componente magnética de polarización horizontal de la señal deseada. Los transmisores de radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas casi siempre generan una componente de campo eléctrico con polarización vertical y una componente de campo magnético con polarización horizontal, a fin de optimizar la sensibilidad del receptor. Si un dispositivo TIP-VE pudiera diseñarse y funcionar de manera que la polarización de su propio campo de dispersión fuera perpendicular a la de la antena receptora, podría aumentar algo la tolerancia a la interferencia. En la práctica, resulta muy difícil realizar un diseño de estas características. Si el dispositivo TIP-VE y el receptor están muy próximos (menos de un cuarto de longitud de onda a la frecuencia armónica de funcionamiento o de interferencia, es decir, en la región de campo reactivo) la polarización real del campo magnético (o eléctrico) es difícil de controlar o incluso de determinar. Si además se tiene en cuenta que toda radiación armónica procedente del dispositivo TIP-VE no tiene por qué guardar relación con la polarización prevista de la «antena», deben aplicarse las condiciones del caso más desfavorable y no hay justificación para suponer que los niveles de interferencia serán inferiores al máximo posible.

## Adjunto 4 al Anexo 8

### Desviación del máximo nivel de interferencia tolerable en el receptor MA

La Recomendación UIT-R BS.703 – *Características de los receptores de radiodifusión sonora MA de referencia para la planificación*, define la sensibilidad mínima de un receptor de sonido de radiodifusión sonora MA para fines de planificación como:

- Banda 5 (ondas kilométricas): 66 dB $\mu$ V/m
- Banda 6 (ondas hectométricas): 60 dB $\mu$ V/m
- Banda 7 (ondas métricas): 40 dB $\mu$ V/m.

La Recomendación UIT-R BS.560, *Relaciones de protección de radiofrecuencias en la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas*, describe las relaciones de protección aplicables para la interferencia entre señales de radiodifusión MA. Aunque la TIP-VE no sea una señal de radiodifusión, puede adoptar la forma de una portadora sin (prácticamente) modulación y, en ese sentido, es de hecho muy similar a una señal de radiodifusión en AM durante una pausa o un pasaje tranquilo en la captación del receptor. Las relaciones de protección de la Recomendación UIT-R BS.560 pueden, por lo tanto, considerarse una buena base para calcular los límites de las *emisiones radiadas* de la TIP-VE a efectos de compatibilidad electromagnética (EMC).

A partir de las consideraciones de planificación y los criterios de planificación indicados en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560 y teniendo en cuenta que los receptores de radiodifusión utilizados en el hogar a menudo utilizan antenas de ferrita que responden al componente H del campo electromagnético, es conveniente utilizar los valores de intensidad del campo H cuando se analizan los límites de emisión de los equipos TIP-VE. Suponiendo condiciones de campo lejano y espacio libre (que se aplicarán a la señal de radiodifusión recibida en la antena del receptor), la relación entre los campos eléctrico y magnético (de las ecuaciones de Maxwell) es:

$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \Omega$$

Donde  $\mu_0$  es la permeabilidad en el espacio libre y  $\epsilon_0$  es la permitividad del espacio libre.

Significa que pueden aplicarse los siguientes factores de conversión:

$$H_{\left(\frac{\mu A}{m}\right)} = E_{\left(\frac{\mu V}{m}\right)} \cdot \frac{1}{377}$$

Que se puede expresar así:

$$H_{dB\left(\frac{\mu A}{M}\right)} = E_{dB\left(\frac{\mu V}{m}\right)} - 51,5 \text{ dB}$$

Por consiguiente las sensibilidades del receptor en ondas kilométricas, hectométricas y métricas (anteriores) también pueden expresarse así:

- Banda 5 (kilométricas): 14,5 dB $\mu$ A/m
- Banda 6 (hectométricas): 8,5 dB $\mu$ V/m
- Banda 7 (métricas): –11,5 dB $\mu$ V/m.

La Recomendación UIT-R BS.560 está formulada para la protección de un servicio radioeléctrico con modulación de amplitud contra otro servicio radioeléctrico con modulación de amplitud similar<sup>15</sup>. Esto significa que tanto las señales deseadas como las interferentes consisten en una portadora de alta potencia y bandas laterales de potencia mucho menor que transportan la modulación. Para un programa de voz típico con una profundidad de modulación del 20% (rms), la potencia de modulación/banda lateral es del 4% de la potencia de la portadora.

Las relaciones de protección para la radiodifusión MA definidas en la Recomendación UIT-R BS.560 consta de dos componentes:

- a) La relación de protección cocanal, necesaria cuando la fuente interferente y la portadora de la señal deseada están básicamente en la misma frecuencia, de manera que cualquier batido entre ellos es de una frecuencia por debajo de la gama audible. En ese caso la modulación del interferente es la principal causa de perturbación audible.

Si la señal interferente es otra estación de radio en exactamente (o cerca de) la misma frecuencia portadora que la señal deseada, puede hacerse caso omiso de la componente portadora, aunque sea muy grande. Tiene un efecto en la linealidad del detector MA que no es perceptible mientras la portadora interferente esté 13 dB o más por debajo de la portadora deseada. La señal deseada solo tiene que protegerse contra las bandas laterales de la señal no deseada. Se supone que la relación entre la potencia de la banda lateral y la potencia de la portadora es comparable tanto para las señales deseadas como para las no deseadas, por lo que la relación entre las potencias de las bandas laterales es la misma que la relación entre las potencias de las portadoras.

La Recomendación UIT-R BS.560 exige una relación de protección cocanal entre la señal deseada y la interferente (niveles de portadora) de 40 dB. El Plan de frecuencias de Ginebra de 1975 para las radiocomunicaciones en ondas kilométricas y hectométricas tolera, en algunas circunstancias, una relación de protección cocanal más reducida con el fin de que quepan más canales en el espectro disponible. Esta flexibilización no se extiende a situaciones en las que haya una separación entre las frecuencias portadoras deseadas y no deseadas; el plan GE75 no prevé la existencia de tales separaciones.

- b) La «relación de protección relativa», que es necesario añadir cuando las señales deseada e interferente tienen una diferencia de frecuencia, que genera un tono de batido continuo audible. La magnitud de esta corrección depende de la separación de frecuencias, principalmente porque la respuesta en frecuencia del oído humano dista mucho de ser «plana». Si se produce una separación entre la frecuencia portadora de la señal deseada y la frecuencia portadora de la fuente interferente, la propia portadora no deseada (o la onda sinusoidal interferente del sistema TIP-VE) empieza a ser psicoacústicamente dominante y, al ser tan grande la portadora, se necesita mayor protección. Con una separación entre cero y aproximadamente  $\pm 5$  kHz, la curva de protección tiene una forma similar a la de la agudeza auditiva.

---

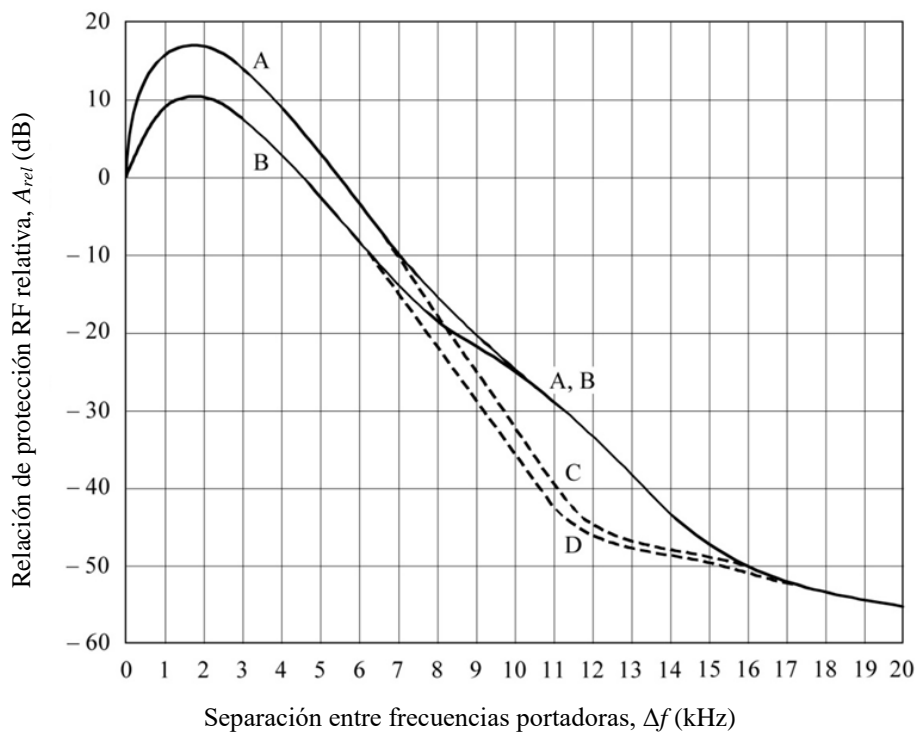
<sup>15</sup> Se parte del supuesto de que en una banda de frecuencias en la que solo la radiodifusión con MA tiene una atribución primaria, las principales fuentes de interferencia serán otras estaciones de radiodifusión MA.

Obsérvese que la Recomendación UIT-R BS.560 no contempla la situación en la que no hay separación entre la portadora deseada y la portadora interferente/TIP-VE cuando estas últimas no estén moduladas. Como la separación de frecuencia es inferior al nivel de audición (o inferior al filtrado de bajas frecuencia en el receptor) el mecanismo de perturbación en el receptor es diferente (al menos psicológicamente). La BBC ha establecido, a través de las pruebas subjetivas indicadas en WHP 332, que si la portadora interferente/TIP-VE no está modulada y está comprendida en unas pocas decenas de Hz (inicio de audición) puede tolerarse un nivel de interferencia más elevado. Véase el § 5.2 sobre las técnicas de atenuación.

La Fig. 1 de la Recomendación UIT-R BS.560 muestra la variación de la relación de protección con la separación de frecuencias, y se reproduce a continuación.

FIGURA A8-11

Valor relativo de la relación de protección RF en función de la separación entre las frecuencias portadoras



La curva relevante es la fusión de A en C. La fusión de la curva B en D es relevante para material de audio muy comprimido con una gran profundidad de modulación, mientras que las curvas A y B por encima de unos 7 kHz son pertinentes para transmisiones con un ancho de banda de audio de 10 kHz. Una gran proporción de transmisiones de AM son de voz, lo que, incluso cuando está muy comprimido, no da lugar a una gran profundidad de modulación. Aunque en algunos casos el plan de frecuencias lo contemple, muy pocas transmisiones MA tienen un ancho de banda de audio superior a 5 kHz. La separación de frecuencias puede ser positiva o negativa.



A menos que las frecuencias del dispositivo TIP-VE y todos sus armónicos significativos estén cuidadosamente alineados con la disposición de frecuencias de radiodifusión (canalización), será necesario añadir la relación de protección relativa para el funcionamiento sin cocanal. Suponiendo que la frecuencia de la TIP-VE no esté controlada, puede suponerse que se produce el caso más desfavorable. La Fig. A8-11 muestra que la mayor relación de protección relativa es de aproximadamente 16 dB, lo que corresponde a una separación de frecuencias de unos 2 kHz.

Para el caso más desfavorable, es necesario añadir esta relación de protección relativa a la relación de protección cocanal de 40 dB para proporcionar una relación de protección global de la interferencia de la TIP-VE sobre la radiodifusión MA de  $(40 + 16) = 56$  dB.

Por consiguiente, se deduce que la máxima intensidad de campo aceptable de TIP-VE, en el emplazamiento del receptor de radiodifusión, se obtiene restando esta relación de protección de la sensibilidad del receptor. En consecuencia, la intensidad de campo H máxima aceptable de la TIP-VE en la ubicación del receptor de radiodifusión es:

- Banda 5 (kilométricas): (14,5-56) =  $-41,5$  dB $\mu$ A/m
- Banda 6 (hectométricas): (8,5-56) =  $-47,5$  dB $\mu$ A/m
- Banda 7 (métricas): (-11,5-56) =  $-67,5$  dB $\mu$ A/m.

Históricamente, las intensidades de campo mínimas citadas en la Recomendación UIT-R BS.703 se basan en una profundidad de modulación del 30% para la señal MA. De los estudios realizados por la BBC en 2007, cuyos resultados están en proceso de adopción por el UIT-R, se desprende que probablemente es más adecuada una profundidad de modulación inferior, del 20%. En el periodo transcurrido desde la última revisión de la Recomendación UIT-R BS.703, la tendencia es que los radios MA transmiten mucha más voz y mucha menos música (popular). La voz se caracteriza por una densidad de modulación generalmente más baja y se intercala con cortos periodos de silencio. Para tener en cuenta la situación del «mundo real», donde las señales MA más vulnerables son aproximadamente 3,5 dB más silenciosas de lo supuesto en la Recomendación UIT-R BS.703 (20% de profundidad de modulación en comparación con el 30%) deben restarse otros 3,5 dB a las cifras obtenidas de las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560.

- Banda 5 (kilométricas): (-41,5-3,5) =  $-45,0$  dB $\mu$ A/m
- Banda 6 (hectométricas): (-47,5-3,5) =  $-51,0$  dB $\mu$ A/m
- Banda 7 (métricas): (-67,5-3,5) =  $-71,0$  dB $\mu$ A/m

Otro método para calcular el nivel de interferencia tolerable consiste en recurrir a la Recomendación UIT-R BS.1895.

El límite de la zona de servicio de un transmisor de radiodifusión queda definido por el ruido; el servicio se ve limitado por el ruido. Cuando todas las fuentes de ruido e interferencia superan una determinada proporción del nivel de la señal deseada, el servicio deja de cumplir los criterios de calidad establecidos por la UIT. Las principales fuentes de ruido e interferencia son el ruido natural, el ruido artificial, el ruido del receptor y otras estaciones de radiodifusión que funcionan en la banda atribuida.

Habida cuenta de lo anterior, la Recomendación UIT-R BS.1895 define los criterios de protección para los sistemas de radiodifusión sonora terrenal, concretamente que:

«La interferencia total en el receptor procedente de todas las radiaciones y emisiones sin una atribución correspondiente de frecuencia en el Reglamento de Radiocomunicaciones no deberá superar el 1% de la potencia de ruido total del sistema receptor».

La Recomendación UIT-R BS.703 especifica que el valor mínimo de la intensidad de campo utilizable es de 66 dB $\mu$ V/m para las ondas kilométricas, 60 dB $\mu$ V/m para las ondas hectométricas y 40 dB $\mu$ V/m para las ondas decamétricas. En los tres casos especifica una profundidad de modulación para la señal deseada del 30% (rms) y una relación señal/ruido de audio (aleatoria) de 26,0 dB<sup>16</sup>. Esto significa que la potencia de la banda lateral deseada (modulación) será 10,5 dB inferior a la potencia de la portadora y la potencia de ruido otros 26,0 dB inferiores; un total de 36,5 dB en cada caso. Esto significa que el (supuesto) ruido del sistema receptor es:

- Banda 5 (kilométricas): (14,5-10,5-26,0) = -22,0 dB $\mu$ A/m
- Banda 6 (hectométricas): (8,5-10,5-26,0) = -28,0 dB $\mu$ A/m
- Banda 7 (métricas): (-11,5-10,5-26,0) = -48,0 dB $\mu$ A/m

Para cumplir con la Recomendación UIT-R BS.1895, la contribución de una fuente interferente sin atribución en el Reglamento de Radiocomunicaciones debe estar 20 dB por debajo del ruido del sistema receptor, con lo que se obtienen los siguientes límites:

- Banda 5 (kilométricas): (22,0-20,0) = -42,0 dB $\mu$ A/m
- Banda 6 (hectométricas): (28,0-20,0) = -48,0 dB $\mu$ A/m
- Banda 7 (métricas): (-48,0-20,0) = -68,0 dB $\mu$ A/m

que, como se verá, son muy parecidas a las calculadas mediante la Recomendación UIT-R BS.560 (arriba). La utilización del valor más reciente del 20% (valor eficaz) para la profundidad de modulación permitiría reducir estas cifras en otros 3,5 dB.

---

<sup>16</sup> Como se verá, este valor es menos estricto que los 40 dB exigidos en la Recomendación UIT-R BS.560. Esto se debe a que en la Recomendación UIT-R BS.560 se considera material de programa potencialmente inteligible el otro radiodifusor que es más «psicoacústicamente» intrusivo que el ruido aleatorio.

## Adjunto 5 al Anexo 8

### Distancia de separación prevista entre el cargador TIP-VE y el receptor MA doméstico: estudio fotográfico

En un entorno doméstico, cabe suponer que el cargador TIP-VE estará en un garaje o en una plaza de estacionamiento junto a la vivienda del propietario. Las siguientes cuatro imágenes muestran propiedades residenciales en el Reino Unido que podrían considerarse típicas. Se ha elegido esta zona porque uno de los autores vivía allí o conoce a alguien del lugar; no son excepcionales en modo alguno.

FIGURA A8-12

Viviendas típicas del centro de la ciudad de Derby (Reino Unido)



En este caso sería difícil instalar cargadores TIP-VE y resultaría más conveniente instalar estaciones de carga con conexión física al coche.

FIGURA A8-13

**Viviendas suburbanas en el sur de Londres**

El cargador TIP-VE podría instalarse en el garaje (varias de las casas en este lugar tienen garajes adyacentes) o en las plazas de estacionamiento situadas al lado o delante de la vivienda.

FIGURA A8-14

**Casas rurales a unos 70 km al sudeste de Londres**

Se trata de un grupo aislado de casas de campo (rodeadas principalmente de terrenos agrícolas), pero en muchos aspectos es similar a las viviendas suburbanas de arriba. Los cargadores TIP-VE podrían instalarse en el garaje o en las plazas de aparcamiento situadas al lado o delante de las casas.

FIGURA A8-15

**Edificio de apartamentos al este de Londres**

Edificio de varias plantas con garajes en la planta baja. Lo más probable es que los cargadores TIP-VE se sitúen dentro del garaje. Algunos de los apartamentos no tienen garajes y aparcan en lugares no asignados en la calle.

Observando los ejemplos de las fotografías puede suponerse que una distancia realista entre el receptor de radiocomunicaciones más cercano y el cargador TIP-VE en todos los casos sería de unos 3 metros. Es poco probable que sea menor, pero en el caso de un edificio de apartamentos, por ejemplo, es muy posible que haya dos cargadores TIP-VE a unos 3 metros de un receptor de radiocomunicaciones en los apartamentos de la planta baja, e incluso más a menos de 10 metros. Un segundo cargador a 3 metros de distancia aumentaría, obviamente, el potencial de interferencia en 3 dB.

## **Adjunto 6 al Anexo 8**

### **Rendimiento del receptor de radiodifusión sonora en ondas hectométricas en presencia de interferencia causada por TIP-VE**

#### **Efecto de la interferencia causada por una portadora no modulada**

##### *Introducción y antecedentes*

Este informe describe los estudios realizados por la BBC en nombre de la UER para tratar de definir los límites de intensidad de campo aceptables para la interferencia de los dispositivos de transmisión inalámbrica de potencia (TIP-VE). Aunque la mayoría de las frecuencias propuestas para TIP-VE no se encuentran dentro de las bandas de radiodifusión, es probable que los armónicos alcancen niveles apreciables, causando interferencia a los servicios de radio MA. Tradicionalmente, la TIP-VE se ha utilizado para dispositivos de baja potencia como los cargadores de cepillos de dientes. Sin embargo, actualmente se está estudiando la posibilidad de utilizarlo para recargar vehículos eléctricos, lo que implica muchos kilovatios, y el problema adquiere una magnitud proporcional.

A fin de determinar los límites aceptables de los niveles de armónicos, los estudios realizados hasta ahora se han basado en las Recomendaciones UIT-R BS.560 y UIT-R BS.703. La Recomendación UIT-R BS.560 establece al principio que «la relación de protección RF... para las transmisiones cocanal debe ser de 40 dB...». La Fig. 1 de la Recomendación BS.560 indica la relación de protección (RP) relativa en función de la frecuencia interferente relativa (o separación). (La PR se define como la relación entre las potencias de la señal deseada y de la portadora interferente necesaria para alcanzar un determinado criterio de calidad, normalmente una relación señal-ruido de audio). La Recomendación BS.703 establece además las mínimas intensidades de campo para la recepción satisfactoria en ondas kilométricas y hectométricas, a saber, 66 y 60 dB $\mu$ V/m, respectivamente.

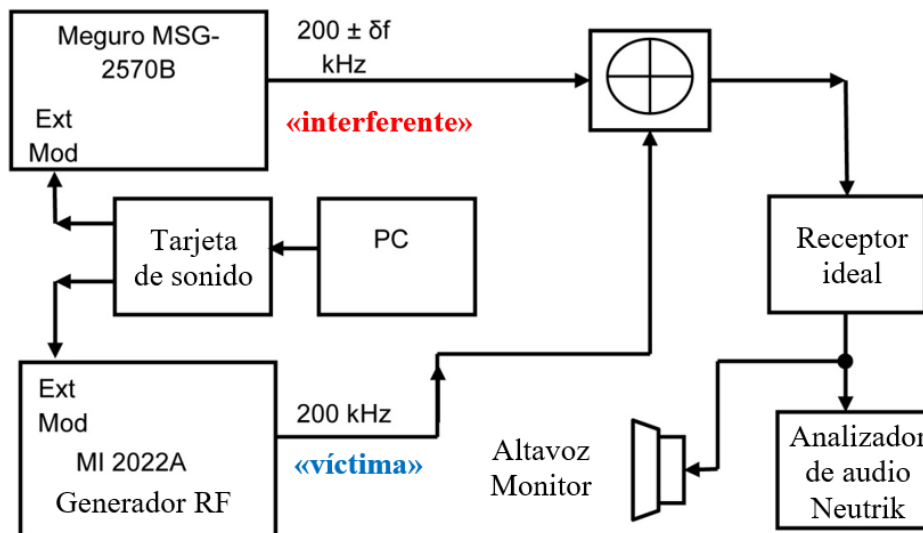
La Recomendación UIT-R BS.560 parte del supuesto de que la fuente interferente será otra señal de radiodifusión con características similares a la de la señal deseada. Dado que una fuente interferente TIP-VE es equivalente a una portadora plana sin modulación, en este informe se examina si la Recomendación BS.560 sigue siendo aplicable. En particular, determina la posibilidad de permitir cierta flexibilidad si la frecuencia de la fuente interferente puede controlarse estrictamente.

### Configuración experimental

En la Fig. A8-16 se muestra la configuración experimental. Consiste, esencialmente, en dos generadores de señal para proporcionar la señal deseada o «víctima» y la interferencia. La modulación de audio puede aplicarse a cualquiera de estas señales o a ambas por medio de un PC equipado con una tarjeta de sonido. El audio se toma del material de un programa «real», grabado a la salida del estudio de Radio Five Live y se hace pasar a través de un procesador Orban Optimod (que normalmente estaría situado en la estación transmisora).

La transmisión deseada combinada y la interferencia se demodulan mediante un receptor «ideal» diseñado especialmente para este fin. Dispone de CAG (control automático de ganancia), un detector de envoltorio de precisión y un filtro pasabaja de 4,5 kHz. No hay selectividad de RF, por cuanto resulta irrelevante para este estudio. Se agrupó a un conjunto oyentes no expertos para evaluar la salida del receptor mediante un altavoz de alta calidad. La escucha tuvo lugar en un laboratorio tranquilo, que no había sido diseñado específicamente para pruebas de escucha: como la radio MA no es un medio de alta calidad, se consideró que no estaba justificado alquilar una sala de escucha certificada.

FIGURA A8-16  
Configuración experimental



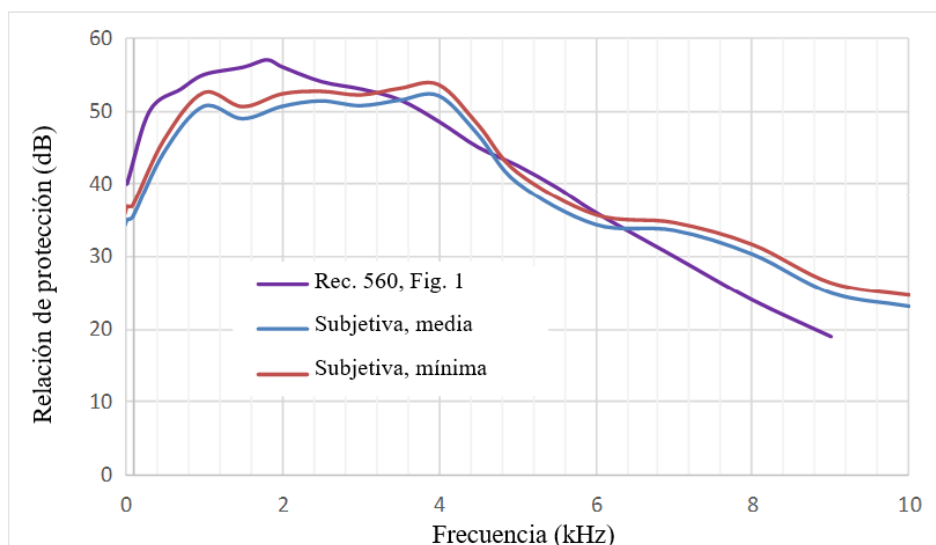
### Verificación de las Recomendaciones UIT-R BS.560 y UIT-R BS.703

Se utilizó la configuración experimental antes descrita, en la sala apantallada DCT del Centro de I+D de la BBC, Centre House. Para la señal deseada o «víctima», el material utilizado era una pista de 27 segundos identificado como «Orquesta de Jerusalén». Comprendía una voz masculina hablando unos segundos y luego una voz femenina. Había un espacio inferior a un segundo al final de la pista para poder repetirla desde el principio. La modulación de la portadora interferente era la voz masculina identificada como «new fighting talk».

Se le pidió al voluntario que escuchara el programa deseado a la salida del receptor, a un volumen adecuado. A continuación se añadió la interferencia a la separación de frecuencias requerida, incrementando el nivel hasta que el oyente dijo que la interferencia era audible. Seguidamente se redujo el nivel hasta que estimaba que la interferencia había desaparecido. Este procedimiento tuvo lugar tres veces. Solo se registraron el segundo y el tercer par de resultados; los primeros resultados se utilizaron solo para ajustar el orden de magnitud. A continuación se muestran los resultados con separación de frecuencias entre 0 Hz y 10 kHz.

FIGURA A8-17

#### Relaciones de protección necesarias con fuente interferente modulada



Comentarios sobre la Fig. A8-17:

- La curva «subjetiva, media» representa el promedio de 40 valores para la frecuencia del caso (10 oyentes, 4 valores cada uno).
- La curva «subjetiva, mínima» representa el promedio de los 20 valores para el punto en el que la fuente interferente se hace inaudible a medida que se reduce.
- Acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.560 es razonablemente inferior a 3 kHz, teniendo en cuenta que los oyentes no eran «críticos». Un experto podría seguramente oír la fuente interferente a niveles de portadora más pequeños que los indicados por la curva «subjetiva, mínima».
- La respuesta en frecuencia del altavoz no se conocía y, por ende, no se tuvo en cuenta. En el caso ideal, el test se tendría que haber repetido con varios altavoces diferentes.
- Los valores ligeramente pesimistas de la RP por encima de 3 kHz podrían deberse a la falta de selectividad RF del receptor.
- Por encima de 500 Hz, el único componente audible era el batido entre las dos portadoras – la modulación en la fuente interferente estaba totalmente saturada por ese batido.

### Protección necesaria con una fuente interferente de portadora plana

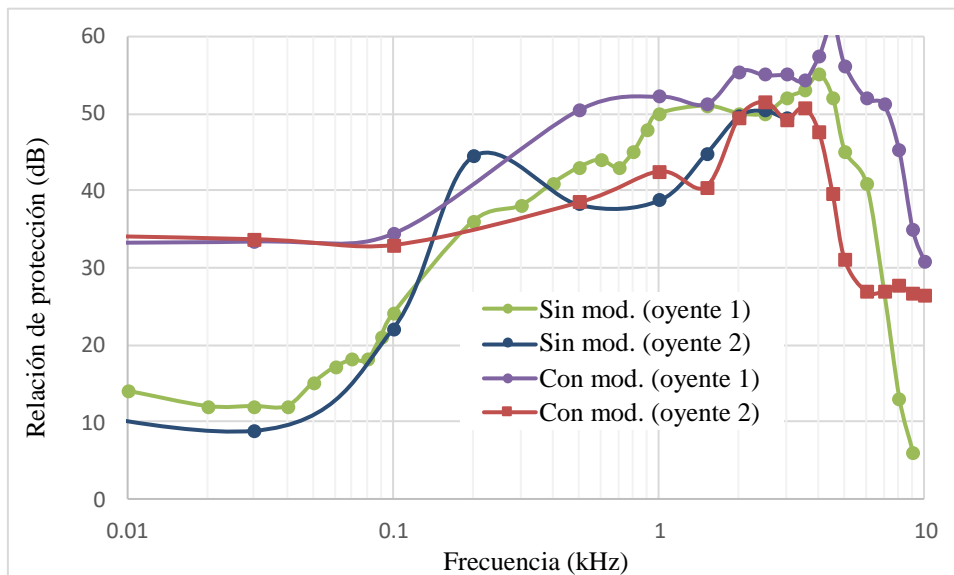
El experimento antes descrito permitió demostrar que los requisitos establecidos en la Recomendación BS.560 se ajustan razonablemente a la realidad – y a la configuración experimental del autor. Lo interesante sería determinar cómo varían los requisitos cuando se elimina la modulación de la portadora interferente.

Se realizaron más mediciones de la RP, de la misma manera que antes, pero eliminando la modulación en la portadora interferente. Habría sido ideal utilizar el mismo grupo de oyentes, pero no fue posible debido a factores como personal enfermo. Seis oyentes eran miembros del grupo original y se añadieron seis nuevos. Aunque la agudeza auditiva y coherencia de los oyentes variaban considerablemente, se utilizaron todos los resultados. Se limitó la prueba a la gama de 0-1 kHz, ya que el componente de modulación era inaudible a mayores desplazamientos.

En el gráfico de la Fig. A8-18 se contrastan los resultados de las RP con y sin modulación en la fuente de interferencia. Los resultados en el caso de modulación son exactamente idénticos a los representados en la sección anterior. Para facilitar la interpretación de los resultados, el eje horizontal tiene una escala logarítmica que cubre las dos décadas de 10 Hz a 1 kHz. Al igual que antes, se muestran los requisitos de protección de la Recomendación UIT-R BS.560, aunque los datos no se han podido leer en la Fig. 1 de la Recomendación BS.560 con precisión alguna.

FIGURA A8-18

#### Relaciones de protección necesarias con fuente interferente modulada y sin modulación



Comentarios sobre la Fig. A8-18:

- La respuesta en frecuencia del altavoz no se conocía y, por ende, no se tuvo en cuenta. En el caso ideal, el test se tendría que haber repetido con varios altavoces diferentes.
- Las curvas «subjctiva, media» y «subjctiva, mínima» han sido trazadas igual que antes.
- A frecuencias por encima de unos 300 Hz, donde el componente predominante de la interferencia es el batido de la portadora, los resultados son similares con y sin modulación en la fuente interferente concuerdan, con una pequeña diferencia de un par de dB. Esto es alentador, teniendo en cuenta que el grupo de oyentes era diferente.



- Por debajo de 300 Hz, donde domina la modulación de la fuente interferente (en su caso), la curva de la RP se nivela. Aunque los requisitos de la Recomendación UIT-R BS.560 parecen tener un margen de 5 dB demasiado estricto, corresponden al límite de audibilidad para los oyentes más críticos, según las «barras de error» descritas en el inciso *infra*.
- Por debajo de 300 Hz, donde no hay modulación, la RP continúa cayendo con una frecuencia decreciente. La pendiente de la curva es de unos 6 dB por octava, o 20 dB por década – de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.468, con coeficiente de ponderación 3.
- Por debajo de 50 Hz, el latido de la portadora resulta casi inaudible debido a la respuesta descendente del altavoz y del oído humano. El factor más importante es la distorsión causada por la variación cíclica de la profundidad de modulación.
- Se han añadido barras de error de  $\pm 4,3$  dB a la curva «modulada, mínima». Éstas representan la diferencia, en valor eficaz, entre la agudeza de los distintos oyentes. No tienen en cuenta posibles errores sistemáticos como la respuesta del altavoz.
- Es evidente que la ausencia de modulación mejora en unos 25 dB el requisito de la RP que figura en la Recomendación UIT-R BS.560, siempre que la separación de frecuencias se mantenga a un valor inferior a 50 Hz.

### Fuente interferente cocanal y calidad de audio

La sección anterior describe lo ventajoso que es mantener, en la medida de lo posible, la frecuencia de una fuente interferente no modulada cerca de la de la portadora deseada. A fin de analizar más detenidamente esta posibilidad, se reunió un grupo de diez oyentes y se les pidió que juzgaran la calidad del sonido de los tres cortes de audio que se describen a continuación:

- una presentadora (27 segundos) (el mismo que se utilizó para verificar la Recomendación BS.560);
- música (soprano y cuarteto de cuerdas) (31 segundos);
- un presentador masculino y una sintonía (45 segundos).

Se pidió a los oyentes que puntuaran cada muestra con arreglo a la escala de deterioro de 5 puntos del UIT-R, siendo 5 «imperceptible» y 1 «muy molesto» (véase la Recomendación UIT-R BS.1284). Aunque la Recomendación BS.1284 no lo contempla, se permitió una puntuación de cero para el sonido inservible. También se permitieron puntuaciones decimales de, digamos, 3,7, para que los oyentes pudieran diferenciar entre pequeños cambios en la calidad del sonido.

Se probaron cinco niveles de interferencia:  $-5$ ,  $-10$ ,  $-15$ ,  $-20$  y  $-\infty$  dB. La fuente interferente emitía con una separación de 0 Hz o 30 Hz. En el caso de 0 Hz, las dos portadoras no estaban sincronizadas y lentamente se desviaban en fase y fuera de fase. Se estimó que este es un procedimiento más realista que enganchar la fuente interferente a la portadora deseada. Cuando las portadoras tenían fase opuesta, se producía una sobremodulación de la portadora resultante, causando una gran distorsión del audio. El nivel de audio también estaba al máximo, ya que el CAG del receptor actúa sobre el nivel medio de la señal. Por el contrario, cuando las portadoras estaban en fase, la profundidad de modulación y el nivel de audio estaban al mínimo y desaparecía la distorsión.

FIGURA A8-19

Puntuaciones del deterioro para diferentes niveles de la fuente interferente no modulada

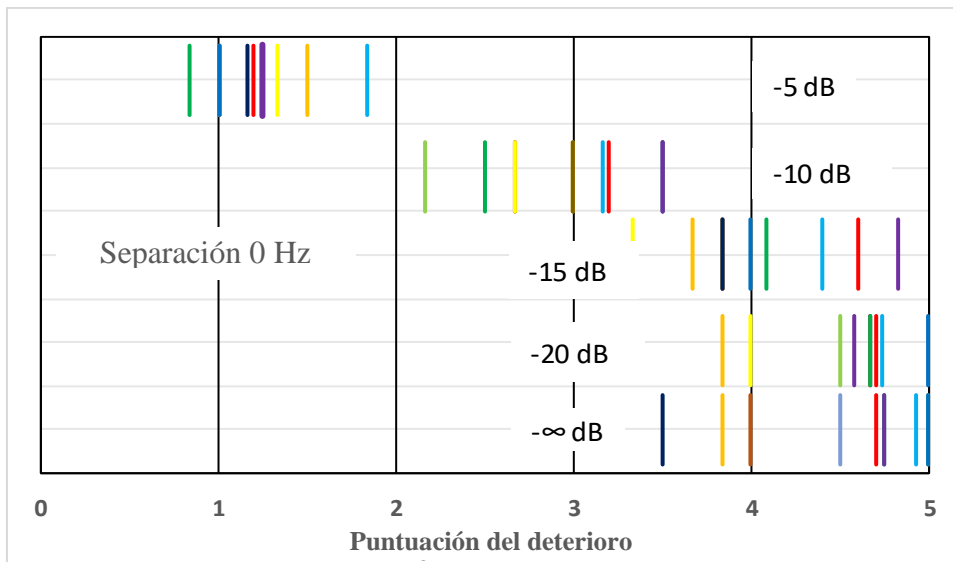
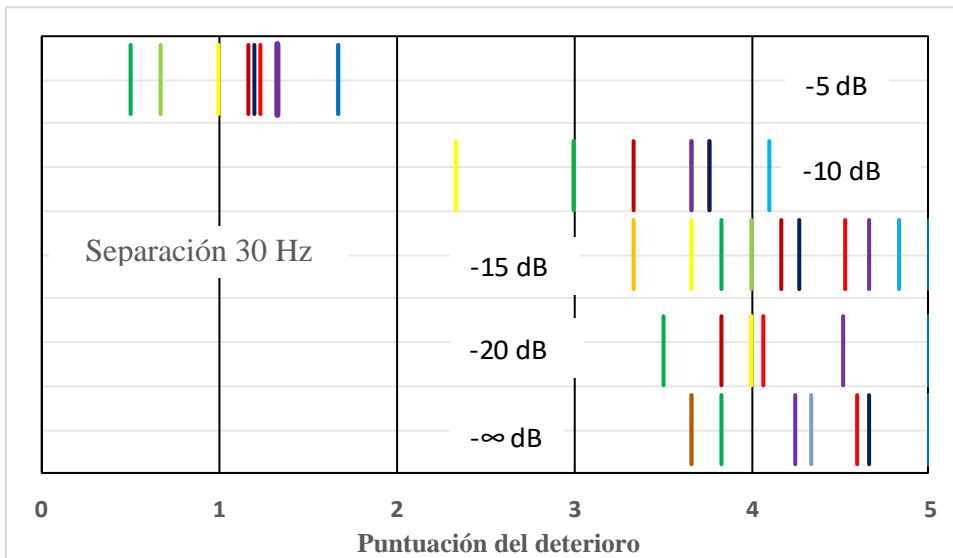


FIGURA A8-20

Puntuaciones del deterioro para diferentes niveles de la fuente interferente no modulada

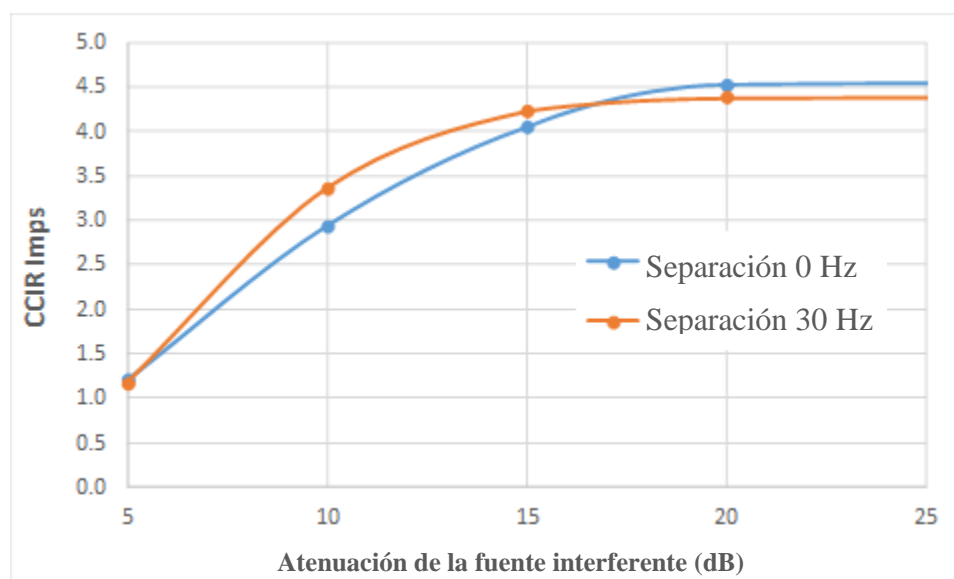


En los gráficos de las Figs. A8-19 y A8-20, las puntuaciones de cada oyente se muestran en líneas verticales cortas, cada uno con un color diferente. Las puntuaciones corresponden al promedio de las tres pistas de audio. Como se verá más adelante, las puntuaciones para las tres pistas muestran diferencias significativas.

Los resultados promediados para los diez oyentes son los siguientes:

FIGURA A8-21

**Puntuaciones del deterioro en función del nivel de interferencia**



Comentarios sobre la Fig. A8-21:

- Mantener una separación de 30 Hz parece afectar algo menos que la de 0 Hz, a menos que la interferencia sea intensa. Esto se debe posiblemente a que el CAG del receptor no responde plenamente a las variaciones de 30 Hz en el nivel de la portadora y, por consiguiente, los efectos de batido son menos perceptibles.
- Con ambas separaciones, la interferencia es inaudible a  $-20$  dB, y comienza a ser audible a  $-15$  dB.
- A medida que la interferencia aumenta desde  $-15$  dB, su presencia se hace rápidamente más perceptible. Cuando la interferencia supera los  $-10$  dB, la calidad de audio resulta muy mala.

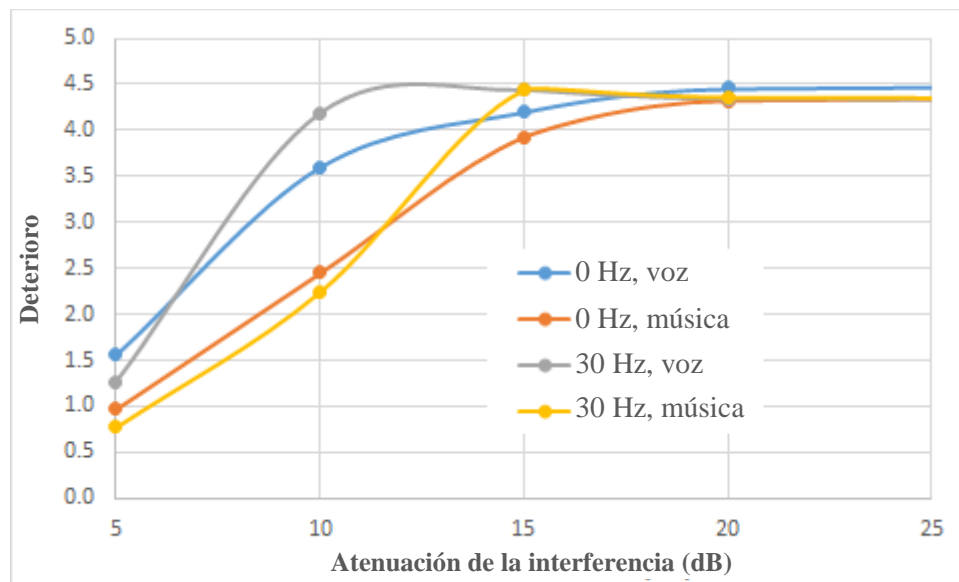
Conviene estudiar más a fondo el efecto de la introducción de una pequeña separación de frecuencias, por los beneficios que al parecer conlleva. En el gráfico siguiente se muestra que la situación es más compleja. «Voz» se refiere a la pista 1 y «música» a la pista 2.

La separación resulta realmente beneficiosa para la voz y permite que la interferencia aumente hasta  $-10$  dB sin causar una distorsión significativa al oyente. Sin embargo, no ocurre lo mismo con la música, donde una pequeña separación deteriora la calidad del sonido. El efecto tan diferente que tenía la interferencia sobre la voz y la música resultó bastante sorprendente durante las pruebas: a  $-10$  dB y 30 Hz, la interferencia era apenas perceptible para la voz, pero muy desagradable con la música.

Al parecer, el problema con la música estriba en que el CAG responde de algún modo al ritmo de la portadora de 30 Hz y, por consiguiente, se produce una modulación cruzada de los 30 Hz en la portadora deseada. Un tono musical adquiere así bandas laterales de 30 Hz, y el efecto es malo porque no están relacionadas armónicamente. Las señales de voz son más complejas y ya contienen un gran número de componentes espectrales. El resultado es más parecido al ruido, y la adición de las bandas laterales de 30 Hz tiene poco efecto.

FIGURA A8-22

Comparación de las puntuaciones de deterioro entre voz y música



### Valores admisibles de la intensidad de campo interferente de TIP-VE

La última tarea es establecer la relación entre las RP mostradas en las Figs. A8-21 y A8-22 con las intensidades de campo reales. Se puede hacer simplemente de la siguiente manera:

- La intensidad de campo mínima para una recepción satisfactoria en ondas hectométricas según la Recomendación BS.703 es  $60 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ .
- Para convertir este valor en  $\text{dB}\mu\text{A/m}$  se resta  $51,5 \text{ dB}$  (la impedancia del espacio libre,  $Z_0$ , es  $377 \Omega$  y  $20 \log_{10} 377$  es igual a  $51,5$ ). Por lo tanto,  $60 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  corresponde a una intensidad de campo magnético de  $60 - 51,5 = 8,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ .
- El requisito de RP especificado en la Recomendación BS.560 es  $40 \text{ dB}$  a una separación de frecuencias igual cero. La correspondiente intensidad de campo es, por tanto,  $8,5 - 40 = -31,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ .

Obsérvese que según el estudio descrito, una PR de  $18 \text{ dB}$  es adecuada siempre que la fuente interferente se mantenga dentro de unos  $50 \text{ Hz}$  de la frecuencia portadora de la víctima: una flexibilización de  $22 \text{ dB}$ . Es decir, que un límite de  $-10 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  sería suficiente.

Para la recepción en ondas kilométricas, la norma BS.703 da una intensidad de campo mínima de  $66 \text{ dB}\mu\text{V/m} - 6 \text{ dB}$  mayor que la cifra de ondas hectométricas. En ese caso, el límite correspondiente sería  $-4 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ .

No se ha tomado en consideración en este informe, ni tampoco en [2], las intensidades de campo *eléctrico* admisibles, lo cual parece razonable, ya que la TIP-VE depende de los campos magnéticos y la mayoría de los receptores de ondas kilométricas y hectométricas utilizan antenas de barra de ferrita o de marco. Para estar seguros, las normas como [2] deberían citar tanto la intensidad de campo eléctrico como la del magnético. La RP de  $18 \text{ dB}$  corresponde a  $48 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  y  $42 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  para ondas kilométricas y hectométricas, respectivamente.

## Conclusión

En este adjunto se ha examinado la interferencia causada por la utilización de dispositivos TIP-VE a los servicios de radiodifusión con MA, a fin de determinar la máxima intensidad de campo magnético tolerable. Se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La Recomendación UIT-R BS.703 establece como requisito una relación de protección de 40 dB para la interferencia cocanal a los servicios de radiodifusión con MA, mientras que la Recomendación UIT-R BS.560 establece el requisito *relativo* cuando la fuente interferente está separada en frecuencia. El estudio experimental descrito en este Informe confirma esos valores.
- El estudio experimental también muestra que, cuando la fuente interferente es una portadora no modulada, es posible flexibilizar los valores por debajo de unos 500 Hz. Una relación de protección de 18 dB es suficiente para una separación de frecuencias igual o inferior a 50 Hz. Obsérvese que una separación de 0 Hz no presenta ventaja alguna, a menos que la fuente interferente pueda bloquearse en fase con la portadora deseada.
- Suponiendo que las intensidades de campo mínimas de los servicios de radiodifusión son 66 dB $\mu$ V/m y 60 dB $\mu$ V/m, los niveles máximos aceptables de interferencia casi cocanal por una portadora no modulada son  $-4$  dB $\mu$ A/m  $-10$  dB $\mu$ A/m para ondas kilométricas y hectométricas, respectivamente.

Cabe destacar que las configuraciones experimentales utilizadas en estas pruebas de escucha tienen sus limitaciones y los resultados deben considerarse provisionales. Lo ideal sería, y si el tiempo y el dinero lo permitieran, repetir las pruebas «a doble ciego» en una sala de escucha certificada, con todos los parámetros totalmente controlados. No obstante, estos resultados provisionales probablemente proporcionan una buena indicación del resultado final.

## Referencias para este adjunto

- [1] Wikipedia, 2017. Wireless Power Transfer [https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_power\\_transfer](https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_power_transfer)
- [2] ETSI, 2017. «Wireless Power Transmission Systems, Using Technologies Other than Radio Frequency Beam, in the 19-21 kHz, 59-61 kHz, 79-90 kHz, 100-300 kHz, 6 765-6 795 kHz ranges: Harmonised Standard Covering the Essential Requirements of Article 3.2 of Directive 2014/53/EU.» ETSI EN 303 417 V1.1.1 (2017-06) (Final Draft)
- [3] Recomendación UIT-R BS.560-4 – *Relaciones de protección de radiofrecuencias en la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas*
- [4] Recomendación UIT-R BS.703-0 – *Características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de amplitud para fines de planificación*
- [5] Recomendación UIT-R BS.1284-1 – *Métodos generales para la evaluación subjetiva de la calidad de sonido*

## Adjunto 7 al Anexo 8

### Nuevos estudios utilizando un receptor disponible en el mercado

#### Antecedentes e introducción

Este estudio complementa un estudio anterior que se describe en el artículo técnico de la BBC [WHP 332](#) (publicado en noviembre de 2017) y que se reproduce en el Adjunto 6 al Anexo 8. Este estudio adicional utiliza un receptor portátil real «comercial», al que se inyectan las señales deseadas y no deseadas utilizando antenas de bucle magnético para excitar la antena de varilla de ferrita incorporada en el propio receptor. Este método tiene por objeto cumplir tres objetivos:

- demostrar que el receptor de referencia definido en la Recomendación UIT-R BS.703 es comparable con un receptor real;
- ofrecer una «verificación práctica» de la supuesta relación entre las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560 utilizadas al planificar las bandas de radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas y empleadas para establecer los límites de interferencia aceptables para los sistemas TIP-VE<sup>17</sup>;
- repetir algunas de las mediciones anteriores con una configuración experimental diferente.

El estudio para el WHP 332 se llevó a cabo con un receptor «ideal», es decir, que no añadía ruido propio y cuya respuesta de frecuencia era «plana» con una anchura de banda de modulación de 4,5 kHz a –6 dB. Además, la señal deseada y la señal monotonal, que simulaba la fuente interferente generada por la TIP-VE, se combinaron antes de pasar por el receptor «ideal». Esta era una conexión «por cable», sin emplear una antena. Este método «purista» se adoptó con el fin de eliminar el máximo de variables posibles. Sin embargo, convendría hacer una comprobación cruzada para demostrar que este método se corresponde con el «mundo real».

La principal conclusión del estudio anterior fue que para las señales monotonaes, que representan la fuente de interferencia, con una separación superior a 500 Hz respecto de la transmisión deseada, las Recomendaciones UIT-R BS.560 y UIT-R BS.703 constituyen una base adecuada para definir la protección requerida contra los niveles de interferencia («protección» se define como la relación entre los niveles de señal deseada y no deseada que llegan al receptor). La condición «con una separación superior a 500 Hz» es importante, por cuanto se podrían tolerar niveles de interferencia considerablemente más altos para separaciones de frecuencia más pequeñas.

El estudio que aquí se describe reproduce algunos de los trabajos anteriores, utilizando esta vez una radio real económica, que recibe señales radioeléctricas.

---

<sup>17</sup> Para obtener el máximo nivel de interferencia admisible en términos absolutos, es necesario determinar la relación de protección (RP), especificada en la Recomendación UIT-R BS.560, con la intensidad de campo de la señal deseada en la antena del receptor. La Recomendación UIT-R BS.703 establece el requisito de sensibilidad mínima para el «receptor de referencia» en 60 dB $\mu$ V/m, nivel al que el receptor debe ser capaz de obtener una relación señal/ruido (S/N) de 26 dB. La referencia es el 30% de MA, utilizándose para medir el ruido un detector RMS no ponderado.

## Selección del receptor

Cuando se realizaron los estudios estaban disponibles tres modelos de receptor portátil comercial de distintos años:

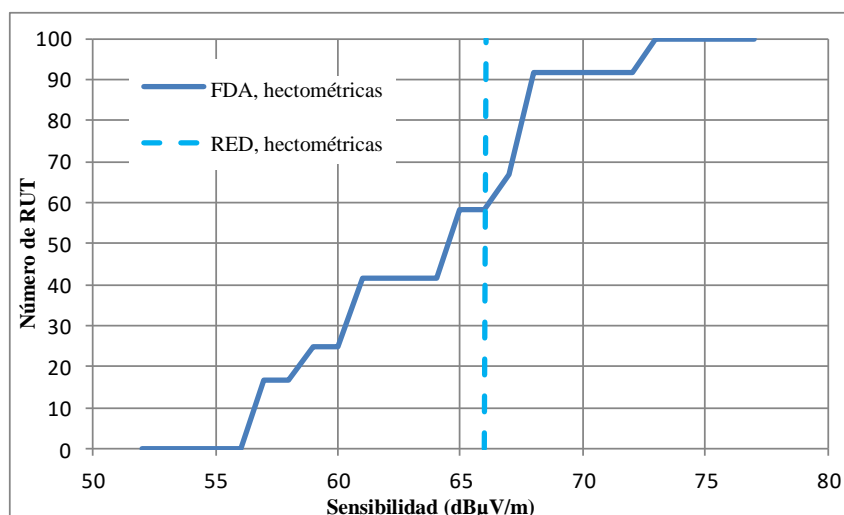
- Panasonic GX500;
- Roberts RP26-B; y
- Sony ICF-700W.

Se demostró por una evaluación subjetiva que el receptor de Panasonic generaba menos ruido interno y por ese motivo fue escogido para el resto de las pruebas. El receptor elegido era representativo del segmento económico del mercado. Dado que la sensibilidad y el ancho de banda de modulación afectan considerablemente a los resultados, a continuación se dan algunos detalles.

Varios modelos de radio portátiles se han probado anteriormente en relación con la especificación del ETSI EN 303 345, «Receptores de radiodifusión sonora: Norma armonizada» que comprende los requisitos esenciales del Artículo 3.2 de la Directiva de Equipos de Radio (RED) 2014/53/EU. A continuación se muestra la función de distribución acumulativa (FCD) de sus sensibilidades. Cerca de dos tercios de las radios tenían una sensibilidad mayor que la propuesta por la norma ETSI de 66 dB $\mu$ V/m.

FIGURA A8-23

FDA de la sensibilidad para un conjunto de radios portátiles típicas



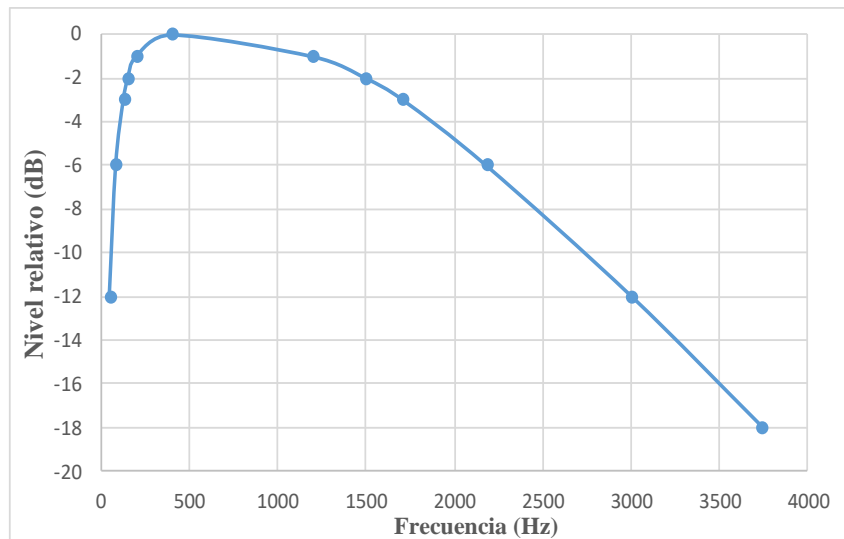
El modelo Panasonic GX500 tenía una sensibilidad de 65 dB $\mu$ V/m en la misma escala; por lo que justo cumplía los requisitos del ETSI. Obsérvese que la definición de sensibilidad utilizada no se corresponde exactamente con la de la Recomendación UIT-R BS.703. Aunque más adelante se trata este asunto, valga decir por el momento que los requisitos de la Recomendación UIT-R BS.703 y de la norma EN 303 345 pueden considerarse prácticamente equivalentes. Lo importante es que la radio de Panasonic es bastante representativa y su comportamiento en cuanto al ruido es comparable con el receptor de referencia de la UIT.

También es importante la respuesta de frecuencia de modulación del receptor, ya que esta determinará el nivel de ruido a la salida y los efectos de la TIP-VE interferente. Los resultados se representan gráficamente en la Fig. A8-24.

Obsérvese que la respuesta cae bruscamente a partir de 1,5 kHz, mientras que la del anterior receptor «ideal» era esencialmente plana hasta 4 kHz. El pequeño ancho de banda implica una mayor tolerancia a la TIP-VE y mejor sensibilidad medida (aunque no la fidelidad de audio).

FIGURA A8-24

Respuesta en frecuencia de la modulación para el modelo de radio portátil seleccionado

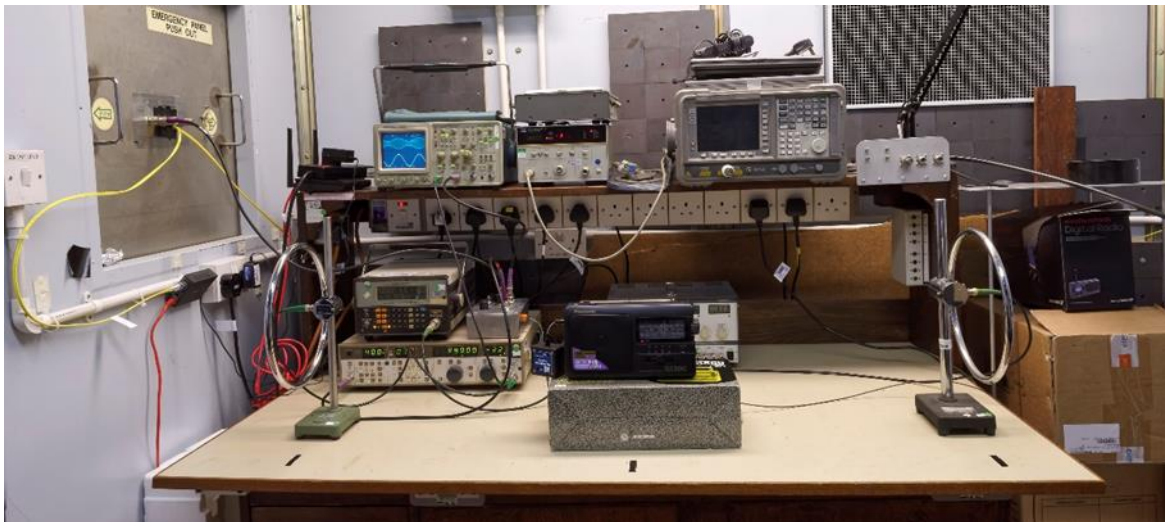


### Configuración experimental

La configuración experimental era básicamente idéntica a la descrita en WHP 332, con dos generadores de señal RF: uno a 999 kHz para enviar la señal deseada; y el segundo a 1 001 kHz para simular la fuente interferente (sin modulación) con una separación de 2 kHz.

FIGURA A8-25

Configuración experimental de la sala apantallada de I+D de la BBC



Las dos señales se «transmitieron» mediante dos antenas de bucle calibradas y separadas. Para eliminar otras fuentes de interferencia, los generadores, los bucles y el receptor se colocaron en una sala con apantallamiento RF, y el PC suministraba el material del programa para las pruebas de audición (en sí mismo es una fuente apreciable de ruido radioeléctrico) fuera de la zona de pruebas apantallada. El analizador de audio estaba conectado al receptor mediante un enlace de fibra óptica. Todas las fuentes de alimentación entrantes se filtraron y se apagó todo el equipo innecesario.



En la Fig. A8-25, la radio portátil está situada en el centro, sobre una caja de cartón para que su antena de ferrita esté alineada con el eje de las antenas de bucle. Se pueden observar los dos bucles a cada lado, separados por 600 mm de la radio – la intensidad de campo magnético guarda una relación sencilla con la salida de los generadores de señal, lo que hace que la instalación sea más fácil y precisa. Junto a la radio (pero no claramente visible) está situado el transmisor para el enlace de fibra óptica. Fuera de la estructura hay un instrumento de medición para comprobar la intensidad de campo generada por los bucles. Los dos generadores de señal de RF están detrás del bucle de la izquierda.

FIGURA A8-26  
Configuración experimental inicial utilizada en WHP 332

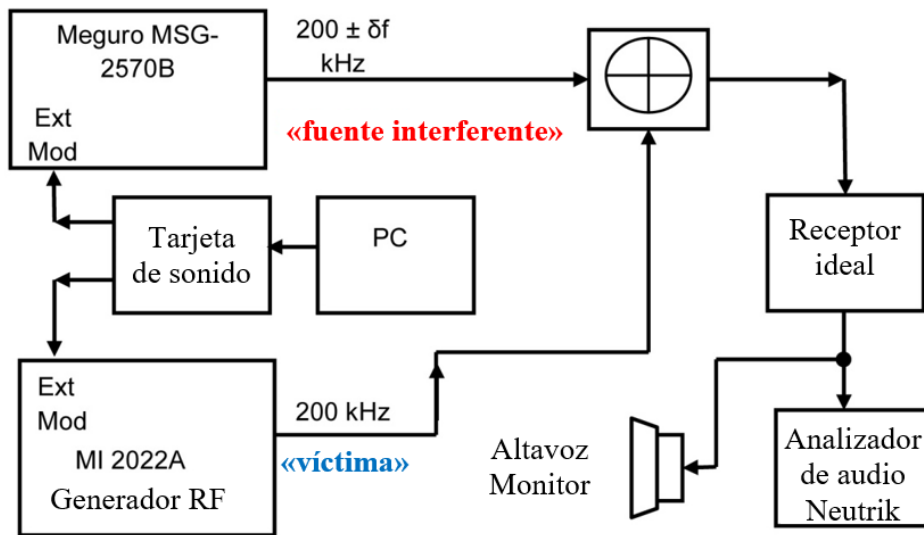
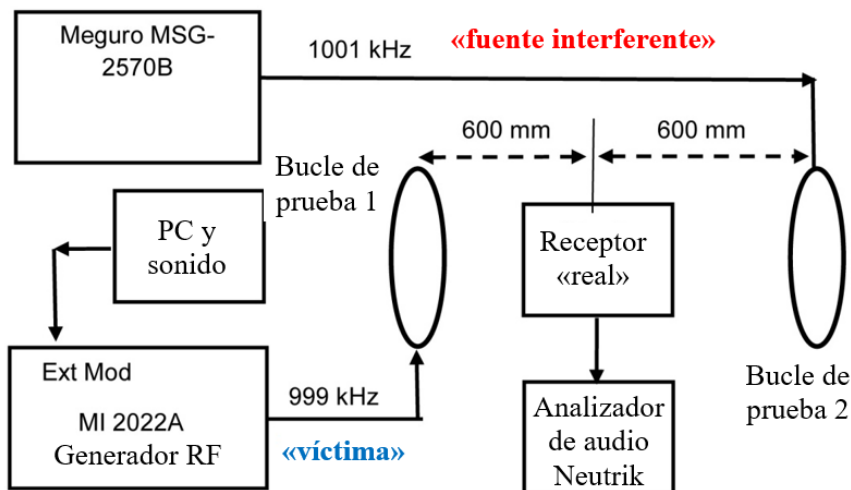


FIGURA A8-27  
Configuración modificada utilizada en este estudio



Se reproducen los diagramas de bloques de la configuración original (Fig. A8-26) y la nueva (Fig. A8-27).

Las dos configuraciones son básicamente idénticas, salvo que la interferencia y la transmisión deseada se combinan en el éter, en lugar de electrónicamente. El uso de bucles de prueba y un altavoz interno significa que el receptor «real» no tiene conexiones eléctricas.

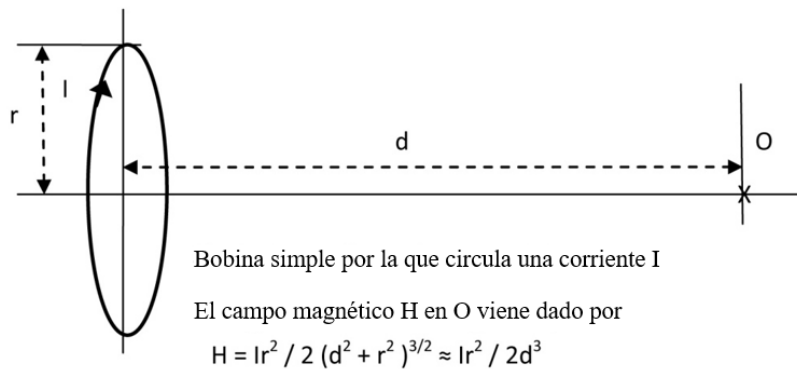
Se utilizó la misma «pista» de audio para todas las pruebas relevantes. Consistía en 16 segundos de voz seguido de 2 segundos de silencio y 12 segundos de música. Se tomó de la red en ondas hectométricas del programa Radio Five Live de la BBC y se grabó «en sentido descendente» del procesador de transmisión. Gran parte de la radio con MA transmite voz. La voz se caracteriza por una menor profundidad de modulación y frecuentes silencios cortos cuando el orador llega al final de una frase, se detiene para respirar, etc. Los bajos niveles de interferencia pueden ser enmascarados por la señal de audio pero igualmente pueden ser intrusivos durante los frecuentes silencios y son estos los que tienden a dominar desde la perspectiva del oyente.

### Calibración

La calibración se llevó a cabo meticulosamente. Se utilizó un instrumento de medición de la potencia térmica para comprobar la potencia de salida de los generadores a un nivel indicado de 0 dBm (1 mW en una terminación 50  $\Omega$ ). Cuando se ajusta a -33 dBm, el generador debe producir un nivel de señal de 8,5 dB $\mu$ A/m en el receptor, valor que se verificó midiendo la intensidad de campo. El cálculo de la intensidad de campo se realiza de la siguiente manera:

FIGURA A8-28

Campo magnético generado por un bucle por el que pasa corriente



La Fig. A8-28 representa el campo magnético  $H$  generado por una corriente  $I$  que atraviesa la bobina. La corriente queda definida por la tensión  $V$  del generador CEM y la resistencia de la fuente  $R$ , de modo que  $I = V/R$ . El radio de la bobina  $r$  es 125 mm y la distancia  $d$  es igual a 600 mm.

La ecuación se puede reescribir para despejar la corriente necesaria para generar un determinado campo a la distancia  $O$ .

$$I = H \cdot (2d^3 / r^2)$$

Para que la intensidad de campo sea igual a 8,5 dB $\mu$ A/m

$$\begin{aligned} H &= 10^{(8,5/20)} \mu\text{A/m} \\ &= 2,66 \mu\text{A/m} \end{aligned}$$

Por consiguiente se necesita una corriente de:

$$I = 2,66 \mu\text{A/m} \cdot (2 \cdot 0,6^3 / 0,125^2) \\ = 73,54 \mu\text{A}$$

La tensión del generador CEM deberá ser de:

$$V = 73,54 \mu\text{A} \cdot 136 \Omega \\ = 10 \text{ mV}$$

La resistencia de  $136 \Omega$  incluye los  $50 \Omega$  propios del generador RF y los  $86 \Omega$  inherentes al bucle. Para que el campo H sea  $2,66 \mu\text{A/m}$  (u  $8,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ), V debe ser igual a  $10 \text{ mV}$ . La salida del generador (CEM) se calibra en dBm, donde  $0 \text{ dBm}$  corresponde a un CEM del generador de  $448 \text{ mV}$ , y  $10 \text{ mV}$  es, por lo tanto, equivalente a  $20 \log (10/448)$ , es decir,  $-33 \text{ dBm}$ .

La respuesta del receptor ya se ha mencionado. Una medición adicional confirma que la respuesta es de  $-4 \text{ dB}$  a  $2 \text{ kHz}$  (la separación de frecuencias de la fuente interferente) en relación con  $1 \text{ kHz}$  (el tono de línea del sistema). Por lo tanto, para poder comparar realmente el resultado que se obtendría con un «buen» receptor cuya respuesta es plana, es necesario aumentar el nivel de la interferencia en  $4 \text{ dB}$ .

### Rendimiento del receptor utilizado para las presentes pruebas

A fin de garantizar que las pruebas realizadas con la radio portátil son «justas», necesitamos verificar la sensibilidad del sistema con la del receptor de referencia de la Recomendación UIT-R BS.703. Los resultados medidos se resumen en el Cuadro A8-4.

CUADRO A8-4

#### Relaciones señal-ruido obtenidas de la radio portátil

Intensidad de campo	S/N, Ref. 40% MA		S/N, Ref. 30% MA
	No ponderada (dB)	Ponderada (dBq)	No ponderada (dB)
60	26	18	23,5 (26)
65 (66)	30	22	28

El Cuadro A8-4 muestra que la calidad de funcionamiento en lo que respecta al ruido del receptor Panasonic es  $2,5 \text{ dB}$  peor que la del receptor de referencia de la Recomendación UIT-R BS.703 (sombreado en rosa), pero no obstante satisface el requisito de la ETSI de  $66 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  (sombreado en azul) en  $1 \text{ dB}$ . Para esta radio en concreto, el ruido ponderado es  $8 \text{ dB}$  mayor que el ruido no ponderado. No existe una diferencia «universal» entre las cifras de ruido ponderadas y no ponderadas, ya que el ancho de banda del receptor es un factor importante. En el estudio realizado para la norma EN 303 345, se tomó el valor de  $10 \text{ dB}$ :  $4 \text{ dB}$  para convertir entre el valor eficaz (rms) y casi cresta, y  $6 \text{ dB}$  para la respuesta ascendente del filtro de ponderación. Con el receptor Panasonic la cifra es ligeramente inferior debido a la mala respuesta de modulación.

Un aspecto importante es la posibilidad de que la radio tenga un rendimiento similar al del receptor de referencia aumentando la intensidad de campo entrante en 2,5 dB: cuando el ruido externo es insignificante, la relación señal/ruido aumenta proporcionalmente con el nivel de la señal. Es decir, la radio alcanzará una S/N de 26 dB de referencia 30% MA con una intensidad de campo de  $11 \text{ dB}\mu\text{A/m}/62,5 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ . Obviamente, cuando se realizan pruebas de escucha, etc., es necesario aumentar la interferencia en la misma cantidad para mantener constante los niveles relativos.

No se ha llevado a cabo ningún estudio exhaustivo del ruido ambiental, pero como la radio es portátil, en algunos lugares, la recepción estará limitada por el ruido interno de la radio. Los requisitos establecidos por la UIT-R BS.703 y EN 303 345 parecen, por lo tanto, razonables.

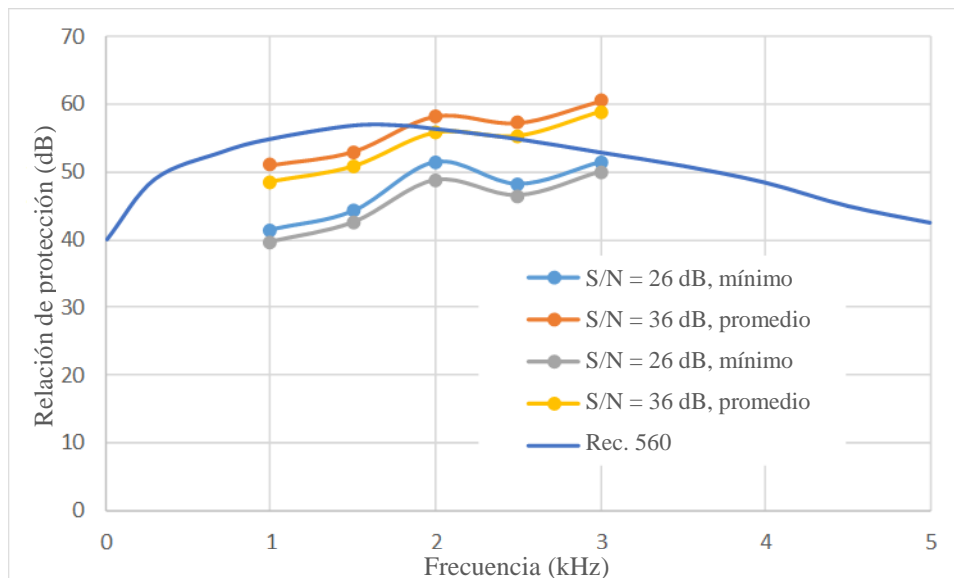
### Umbral de interferencia

El estudio anterior sobre los umbrales de interferencia se realizó con un receptor sin ruido. Se podría esperar que el ruido presente en la salida de un receptor «real» tuviera un efecto de enmascaramiento. Si es así, podría haber un margen para flexibilizar los límites de las interferencias TIP-VE propuestos en WHP 332. Para determinarlo de forma rigurosa habría que repetir las pruebas de escucha descritas en WHP 332. Estas pruebas consistían en reproducir muestras del material del programa en el «transmisor» deseado, y pedir al grupo de oyentes que determinara a qué nivel se hacía audible la interferencia. Las pruebas debían repetirse a muy distintas separaciones de frecuencias. Aunque en principio son sencillas, estas pruebas de escucha requieren cierta organización, que no fue posible dados los recursos disponibles.

En lugar de repetir todo el trabajo anterior, se adoptó un método más pragmático. Un solo oyente juzgaba el punto en el que la interferencia se hacía audible a dos niveles diferentes de señal deseada. El nivel 1 correspondía a 26 dB S/N (ref. 30% MA), para simular el funcionamiento del receptor de referencia a  $60 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ , y el nivel 2 era 20 dB mayor, con el ruido 10 dB menor y mucho menos molesto. De esta manera, se pudo establecer una pequeña diferencia, que luego se utilizó para «corregir» los valores originales de «sin ruido». Siempre que la diferencia fuera realmente pequeña, cualquier incertidumbre experimental tendría un efecto insignificante.

FIGURA A8-29

Umbral de interferencia monotonal con un receptor «real»



Por «frecuencia» se entiende la separación de frecuencias respecto de la portadora MA.

Para cada separación de frecuencias, en la gama de 1 a 3 kHz, y para cada nivel de la señal deseada, el nivel de la señal interferente se fue aumentado lentamente, y se registró el nivel al que la interferencia se hacía apenas audible. Se registró un segundo nivel al que la interferencia se hizo imperceptible a medida que disminuía la señal interferente. El proceso se repitió cuatro veces y se tomaron promedios. En la Fig. A8-29, los valores «mínimo» corresponden al segundo nivel, mientras que los «promedio» son la media de los niveles primero y segundo. Esto permite hacer una comparación con la Fig. A8-21. Al trazar los resultados, se tuvo en cuenta la respuesta en frecuencia de la banda lateral del receptor; de otro modo, las curvas se desvanecerían en el extremo de altas frecuencias.

Se llegó a la conclusión de que la presencia de ruido enmascara la interferencia y permite que la interferencia sea unos 8 dB mayor de lo que sería en ausencia de ruido.

Se realizó otra prueba para intentar cuantificar la diferencia psicoacústica entre el ruido aleatorio (blanco) y una fuente de interferencia monotonal. En el límite, el ruido total del sistema será una mezcla de ruido del receptor y ruido ambiental. Al alejarse del límite de sensibilidad en zonas donde probablemente el ruido ambiental sea mayor, el ruido del receptor será menos significativo y el ruido total del sistema estará dominado por el ruido ambiental.

Se introdujo una fuente interferente monotonal al mismo nivel que el ruido total del sistema<sup>18</sup>, medido en la salida de audio del receptor con un detector RMS, y se fue reduciendo progresivamente en pasos de 2 dB hasta hacerse inaudible, enmascarado por el ruido del sistema. El efecto de la fuente de interferencia había dejado de ser molesto (aunque seguía siendo audible) cuando el nivel se había reducido en 8 dB y había desaparecido cuando se redujo en 10 dB. En entornos más ruidosos, los niveles de ruido absoluto serían mayores, pero la relación entre la fuente interferente y el ruido total del sistema tendrá que ser siempre la misma: -8 dB hasta unos 610 dB si se desea evitar que la interferencia sea audible. En entornos en los que el propio ruido del receptor es insignificante, la fuente interferente tendría que estar entre 8 y 10 dB por debajo del nivel de ruido ambiental para ser inaudible.

## Conclusiones

Las mediciones realizadas con el receptor Panasonic GX500 estuvieron en general en consonancia con las mediciones anteriores realizadas con un sistema ideal para cuantificar el nivel de interferencia tolerable cuando una fuente interferente monotonal está armonizada con la disposición de canales de emisión. Las hipótesis adoptadas al calcular la intensidad de campo tolerable a partir de las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560 son correctas. Sin embargo, de las pruebas se desprenden varias conclusiones.

### *Validez del receptor de referencia de la Recomendación UIT-R BS.703*

El receptor Panasonic GX500 no tuvo un rendimiento tan bueno como el supuesto del receptor de referencia. Su respuesta en frecuencia de audio no era plana y el ruido del receptor era algo mayor. Este es un receptor portátil relativamente económico y en el estudio anterior realizado por la BBC se indica que hay disponibles receptores de mejor calidad. Esto a su vez significa que la especificación del receptor de referencia es, como debería ser, representativa de un receptor comercial de calidad razonable y, por lo tanto, los estudios anteriores basados en el receptor de referencia son perfectamente válidos. La Recomendación UIT-R BS.703 especifica efectivamente el nivel de ruido total del sistema en la gama de recepción suponiendo una profundidad de modulación del 30% y una modulación respecto del ruido aleatorio (del sistema) de 26 dB. El ruido total del sistema es, por

---

<sup>18</sup> Para esta prueba se utilizó un receptor ideal al que se le inyectó deliberadamente ruido aleatorio de un valor equivalente a -31 dB $\mu$ A/m para simular la calidad de funcionamiento del receptor de referencia de la Rec. 703.

tanto,  $60 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$  (nivel mínimo de la portadora de la Recomendación UIT R BS.703) menos  $10,5 \text{ dB}$  (nivel de modulación por debajo de la portadora) menos  $26 \text{ dB}$  (relación señal deseada/ruido) más  $3 \text{ dB}$  (ganancia de correlación de la banda lateral), lo que equivale a  $26,5 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$  o  $-25 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m}$  (magnético). En la práctica, este valor será una combinación del ruido interno del receptor y del ruido ambiental. Suponiendo que ambas fuentes de ruido contribuyen por igual al ruido del sistema, cada una de ellas será  $-28 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m}$ , valor que aumentará en  $3 \text{ dB}$  al sumarse. Según los cálculos realizados por Japón basados en la Recomendación UIT-R P.372, este valor es muy próximo, como es lógico, al nivel de ruido ambiental que cabe esperar en una situación rural.

#### *Efecto de enmascaramiento del ruido del sistema*

Cuando el nivel de interferencia es bajo, puede quedar enmascarada por la presencia de modulación de audio. Con la tendencia de los organismos de radiodifusión a utilizar la radio MA para la radiodifusión de voz, hay frecuentes pausas y silencios en el programa y es precisamente en estas pausas donde la interferencia es notable o molesta, porque no está enmascarada. La interferencia monotonal es más perturbadora que el ruido aleatorio. Las pruebas subjetivas anteriores descritas en el artículo técnico WHP 332 de la BBC se realizaron utilizando un receptor ideal sin ruido. Se reparó en que la presencia de ruido de fondo y aleatorio en las pausas de voz tiene el efecto de enmascarar la interferencia. Se realizó una prueba subjetiva con un solo oyente, pero que se repitió varias veces, según la cual el efecto de enmascaramiento del ruido del sistema permitiría flexibilizar en  $8 \text{ dB}$  el nivel de ruido tolerable en frecuencias alejadas de la portadora de la emisión. Esto no tiene ningún efecto sobre los niveles propuestos en WHP 332.

#### *Nivel de la fuente interferente relativo al ruido del sistema*

Debido al efecto psicoacústico más intrusivo, para que la fuente interferente monotonal sea inaudible debe estar al menos  $8 \text{ dB}$  por debajo del ruido total del sistema en cualquier lugar. El ruido total del sistema dependerá de la ubicación. En los entornos más silenciosos desde el punto de vista eléctrico, el ruido del receptor interno desempeñará un papel importante, pero en los entornos más ruidosos (como suburbios y ciudades) dominará el ruido ambiental. En la Recomendación UIT-R P.372 figuran previsiones estadísticas sobre los niveles de ruido ambiental en diversos entornos, niveles que son orientativos y no deben considerarse absolutos. No obstante, cabe destacar el principio general de que siempre se debe tratar de reducir al mínimo el ruido eléctrico.

#### **Referencias para este adjunto**

- [1] BBC Research and Development White Paper WHP 332, noviembre de 2017 – Wireless Power Transfer: Plain Carrier Interference to AM Reception
- [2] Informe UIT-R BS.2433-0 – *Nivel de sonoridad en la distribución por Internet de pistas sonoras procedentes de la radiodifusión* (10/2018)

## Anexo 9

### **Análisis de la UER para conciliar los resultados del estudio de los efectos descritos en el Anexo 5 con los límites de emisiones radiadas por la TIP-VE para la protección de la radiodifusión en MA definidos en el § 4.4**

#### **Introducción**

En el Anexo 5 «Estudio de los efectos de la TIP-VE en China» se describen los estudios sobre la recepción de transmisiones de radiodifusión en ondas hectométricas en la zona de Shanghái. A primera vista, del estudio del Anexo 5 se desprende que niveles de interferencia considerablemente mayores que los basados en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT R BS.560 no tienen efecto negativo alguno sobre la recepción de las emisiones (véase el § 4.4). Sin embargo, las condiciones experimentales utilizadas en dicho estudio son bastante diferentes de las condiciones de recepción hipotéticas de las Recomendaciones del UIT-R, aspecto que quizá no resulte sorprendente.

La planificación de la red de radiodifusión en las Regiones 1 y 3 de la UIT y, por consiguiente, en Europa, se basa en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560. En este Anexo se ha realizado un estudio que compara los resultados de Shanghái con la situación en algunas partes de Europa y trata de conciliarlos. Aplicando los factores de corrección adecuados se puede ver que existe realmente una buena concordancia.

Los niveles de interferencia medidos en las pruebas de Shanghái son, al parecer, considerablemente mayores que los niveles de intensidad de campo tolerables según los estudios descritos en el § 4.2.2. Sin embargo, la intensidad de la señal de radiodifusión mucho más elevada y los posibles efectos de enmascaramiento tanto del elevado ruido de fondo como de la gran profundidad de modulación (de la señal de radiodifusión) indican que los resultados de Shanghái se ajustan en líneas generales a los criterios de protección basados en el UIT-R. Básicamente, parece probable que los efectos combinados de un nivel más alto de la señal de radiodifusión, un elevado ruido ambiental y una gran profundidad de modulación hayan enmascarado los efectos de la posible interferencia causada por la TIP-VE. Por consiguiente, no resulta sorprendente que en esta situación se haya observado poco o ninguna incidencia del sistema TIP-VE.

No obstante, en términos generales, sigue siendo necesario proteger las señales de radiodifusión de menor intensidad en entornos donde el ruido es menor, razón por la cual se proponen los niveles tolerables indicados en el § 4.4.

#### **A9.1 Resumen**

En el § A5.1.2 se describe un estudio de la coexistencia entre la radiodifusión TIP-VE y la radiodifusión en ondas hectométricas presentado a la UIT por la República Popular de China. Describe los estudios sobre la recepción de transmisiones de radiodifusión en ondas hectométricas en la zona de Shanghái. A primera vista parece que niveles de interferencia considerablemente mayores que los basados en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560 no tienen efecto negativo alguno sobre la recepción de la radiodifusión. Sin embargo, las condiciones de prueba utilizadas en el estudio chino son bastante diferentes de las condiciones de recepción hipotéticas de las Recomendaciones del UIT-R, aspecto que quizá no resulte sorprendente.

La planificación de la red de radiodifusión en las Regiones 1 y 3 de la UIT y, por consiguiente, en Europa, se basa en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560. Se ha realizado un estudio que compara los resultados de Shanghái con la situación en algunas partes de Europa y trata de conciliarlos. Aplicando los factores de corrección adecuados se puede ver que existe realmente una buena concordancia.

Los niveles de interferencia medidos en las pruebas de Shanghái son, al parecer, considerablemente mayores que los niveles de intensidad de campo tolerables según los estudios descritos en el § A5.1.3. Sin embargo, la intensidad de la señal de radiodifusión mucho más elevada y los posibles efectos de enmascaramiento tanto del elevado ruido de fondo como de la gran profundidad de modulación (de la señal de radiodifusión) indican que los resultados de Shanghái se ajustan en líneas generales a los criterios de protección basados en el UIT-R. Básicamente, parece probable que los efectos combinados de un nivel más alto de la señal de radiodifusión, un elevado ruido ambiental y una gran profundidad de modulación hayan enmascarado los efectos de la posible interferencia causada por la TIP-VE. Por consiguiente, no resulta sorprendente que en esta situación se haya observado poco o ninguna incidencia del sistema TIP-VE.

No obstante, en términos generales, sigue siendo necesario proteger las señales de radiodifusión de menor intensidad en entornos donde el ruido es menor, razón por la cual se proponen los niveles tolerables indicados en el § 4.4.

En el informe del estudio realizado en Shanghái no se han cuantificado varios factores que podrían tener repercusiones importantes en los resultados. Entre estos factores está el género del programa (de la señal de radiodifusión entrante) la respuesta en frecuencia de audio del receptor y la orientación del receptor. A continuación se describen todos estos factores y sus posibles efectos. En el análisis se han incluido estimaciones prudentes de los efectos cuantitativos de estos factores. Ahora bien, no se explica el carácter potencialmente anómalo de los valores de intensidad de campo interferente indicados en la columna 9 del Cuadro A5-4 (Anexo 1 al presente Informe). La intensidad de campo varía con el cubo de la distancia; así pues, la variación es de 18 dB cuando se duplica de la distancia. El cuadro muestra, por ejemplo, la intensidad de campo como 6,3 dB $\mu$ A/m a 10 metros y (solo) 14 dB $\mu$ A/m a 5 metros. Cabe esperar que fuera de 24,3 dB. Al acercarse aún más, la intensidad de campo en realidad se reduce. Se han plasmado los valores reales sin tratar de aportar interpretación alguna.

## **A9.2 Definiciones**

### **A9.2.1 Orientación – Ruido, interferencia y enmascaramiento**

La radio AM no es un medio de alta fidelidad. Entre las razones están los efectos del ruido y la interferencia. Los criterios de planificación, citados anteriormente y basados en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT R BS.560, definen el nivel básico de calidad aceptable.

Las perturbadoras que afectan a las radiocomunicaciones con MA (ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas) se clasifican en tres categorías básicas. En realidad, la recepción MA suele verse afectada por una combinación de las tres.

### **A9.2.2 Ruido aleatorio**

Se trata del ruido ambiental (natural y artificial) y el ruido del receptor. La mínima relación aceptable entre la señal de audio y el ruido aleatorio propuesta por la UIT es de 26 dB para una profundidad de modulación de audio hipotética del 30%<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> Suponiendo el 30% de «índice de modulación», la potencia de la señal de audio será 13,5 dB menor que la de la portadora. Debido a que la señal de audio está correlacionada en las bandas laterales superior e inferior de la señal compuesta de MA, hay una ganancia de correlación de 3 dB sobre cualquier ruido aleatorio.



### A9.2.3 Solapamiento de fuentes de audio

Debido a la presencia de otras estaciones MA. La presencia de otra fuente de audio interferente e inteligible es más intrusiva que el ruido aleatorio desde el punto de vista acústico. Por esta razón, la UIT propone un criterio de protección de 40 dB respecto de otra fuente de audio. Las otras fuentes de audio tradicionales en las bandas con MA eran otras estaciones de radio y es esta relación de protección la que, durante el proceso de planificación, sirve de orientación para la separación geográfica entre las estaciones AM que funcionan en la misma frecuencia. Siempre ha habido mucha más demanda de canales MA que canales disponibles, por lo que en determinados casos de planificación el valor de 40 dB se flexibiliza a 26 dB con la consiguiente reducción de calidad. Esta reducción de la calidad suele ser objeto de un acuerdo entre las partes afectadas durante las conferencias regionales de planificación: véase, por ejemplo, el Plan de frecuencias de Ginebra de 1975.

### A9.2.4 Sinusoides simples

Dado que el servicio de radiodifusión tiene una atribución a título primario en las bandas de radiodifusión de ondas kilométricas y hectométricas, cabe esperar que la principal fuente de interferencia sea otra estación de radiodifusión MA. Las señales con MA consisten en una gran componente de portadora sinusoidal con bandas laterales relativamente pequeñas que transportan información, por lo que, como fuente de interferencia, podría considerarse como una senoide simple. La senoide simple (o la portadora sinusoidal de otra estación de radiodifusión) es una fuente de interferencia más perjudicial que incluso una fuente de audio. Dependiendo de la frecuencia, la Recomendación UIT-R BS.560 propone que se aumente la relación deseada/no deseada hasta 16 dB adicionales, a saber, de 40 dB a 56 dB. Si la fuente interferente no deseada está separada 2 kHz de la portadora deseada, se requiere un máximo de 16 dB de protección adicional; si no hay separación, los 16 dB caen a 0 dB porque el efecto resulta inaudible. En consecuencia, los acuerdos de planificación regionales (como el Plan de frecuencias de Ginebra de 1975 arriba citado) tienen por objeto armonizar todos los radiodifusores de MA en una trama de frecuencias común. Cuando funcionan «fuera de la trama», no es posible aplicar el criterio de 16 dB en parte alguna. Esto se debe en parte a que la situación no se plantea y en parte a que una señal monotonal es una fuente de interferencia muy agresiva. Los estudios llevados a cabo por la BBC y de los que se informa en [1] sugieren que se puede tolerar mucha más interferencia de una senoide no modulada (como un armónico de un sistema TIP-VE) si dicha senoide está alineada con precisión con una frecuencia de la trama de radiodifusión.

En la práctica, el efecto psicoacústico de cualquier interferencia será diferente en función del tipo de material del programa MA. Cuando el material tiene un elevado nivel de sonoridad, es continuo y acústicamente denso, por ejemplo, música «pop» comprimida, la interferencia quedará enmascarada y se podrá tolerar un mayor nivel de interferencia. Sin embargo, gran parte de la radiodifusión MA es de voz. Las emisiones de voz se caracterizan por una menor profundidad de modulación y frecuentes silencios al final de las frases, pausas para respirar, cambio de un orador a otro, etc. El efecto de cualquier interferencia y en particular la producida por una senoide simple es más pronunciado en los huecos y silencios. Los criterios de la UIT tienen por objeto proteger las fuentes de audio, como las de voz.

Los niveles elevados de ruido de fondo aleatorio o del sistema (ruido ambiental y del receptor) también tienen el efecto de enmascarar la interferencia sinusoidal. Según un estudio realizado por la BBC [2], si el ruido de fondo se encuentra en el límite superior de la Recomendación UIT-R BS.703, a saber, 26 dB por debajo del audio deseado con una profundidad de modulación del 30%, el efecto de enmascaramiento aumenta el nivel tolerable de interferencia sinusoidal en 8 dB; los 56 dB citados anteriormente se convertirían en 48 dB. Del mismo estudio se desprende que el ruido de fondo a cualquier nivel dará lugar a un enmascaramiento de toda interferencia sinusoidal que sea 10 dB

inferior al nivel de ruido. Esto no implica que el ruido propiamente dicho esté a un nivel tolerable en relación con el audio.

### A9.3 Antecedentes

A continuación se reproduce un extracto del § A5.1.3.4 sobre las mediciones realizadas en Shanghái:

#### A5.1.3.4 Resultados y análisis de las mediciones

En Shanghái hay un total de 9 canales AM. Cada canal tiene un ancho de banda de 9 kHz. Se seleccionaron meticulosamente dos canales en ondas hectométricas para efectuar las pruebas de interferencia armónica, que son los canales a los que pueden afectar los armónicos de la frecuencia de TIP-VE objeto de prueba. Los niveles de la señal de radiodifusión y la calidad del sonido de los canales de ondas hectométricas se midieron sin ninguna interferencia de TIP-VE, como se muestra en el Cuadro A5-3.

CUADRO A5-3

#### Niveles de señal de los canales en ondas hectométricas medidos en Shanghái

Canales en ondas hectométricas (kHz)	Nivel de la señal	Puntuación de la calidad sonora
855	Fuerte (94 dB $\mu$ V/m)	5
1 197	Fuerte (86,4 dB $\mu$ V/m)	4

El ruido ambiental del campo H medido fue de unos  $-17 \sim -13$  dB $\mu$ A/m/15 Hz alrededor de 850 kHz en la zona urbana de Shanghái. La intensidad del campo H del nivel de ruido ambiental en 9 kHz fue de  $10,8 \sim 14,8$  dB $\mu$ A/m aproximadamente. La intensidad de campo H se convirtió en intensidad de campo E, con una relación E/H de 51,5 dB $\Omega$ . La intensidad de campo E del nivel de ruido ambiental en 9 kHz fue de unos 62,3  $\sim$  66,3 dB $\mu$ V/m.

También se hicieron pruebas de la intensidad de campo de radiodifusión AM en la misma zona urbana de Shanghái. Según la prueba de campo, la intensidad de campo de radiodifusión AM debía ser, como mínimo, superior a 80 dB $\mu$ V/m para mantener la puntuación de la calidad del sonido de la radio por encima de 3 en una zona urbana representativa. Dado que el nivel de la señal de 855 kHz medida fue de unos 94 dB $\mu$ V/m, se estimó que la relación señal-interferencia del receptor de radio en el canal de 855 kHz con ruido ambiental sería de unos 27,7 dB  $\sim$  31,7 dB.

La señal de TIP-VE se midió a 10 metros de la plataforma base. La señal tenía una forma de onda continua con una intensidad de campo de unos 74,4 dB $\mu$ A/m. Se seleccionó una frecuencia central de 85,5 kHz, 85,68 kHz y 85,2 kHz respectivamente. El ancho de banda de la señal de 6 dB fue de aproximadamente 1 Hz, limitación debida a la resolución del equipo de prueba. Todos los armónicos fueron del tipo onda continua de ruido de banda muy estrecha.

### Análisis

Cuando en el estudio de Shanghái se especifica una gama, se toma la frecuencia central dicha gama. A veces se hace referencia al Cuadro A5-4 del A.9-Suplemento 1 del estudio de Shanghái. Este cuadro se reproduce en el Cuadro A5-4 «Resumen de los resultados de las pruebas de campo» del Anexo 5. A continuación se destacan algunos valores pertinentes de dicho cuadro. De los valores medidas en el estudio de Shanghái se desprende que:

Nivel de la señal recibida (portadora de radiodifusión) E	+94,0 dB $\mu$ V/m	(a)
Factor de conversión dB $\mu$ V/m a dB $\mu$ A/m	-51,5 dB $\Omega$	(b)
Nivel de la señal recibida (portadora de radiodifusión) H	+42,5 dB $\mu$ A/m	(c)
Ruido ambiental (ancho de banda de 15 Hz)	-15,0 dB $\mu$ A/m	(d)
Ruido ambiental (ancho de banda de 9 kHz)	+13,0 dB $\mu$ A/m	(e)
Relación portadora-ruido (c – e)	+29,5 dB	(f)

### Observaciones

Según la Recomendación UIT-R BS.703, la intensidad mínima de la señal de radiodifusión en ondas hectométricas es +60 dB $\mu$ V/m para una relación portadora/ruido del sistema de 36,5 dB. Por consiguiente, la señal de radiodifusión deseada medida en las pruebas de Shanghái es 34,0 dB más fuerte y la relación señal/ruido 6,5 dB menor. Estos dos factores reducirán los efectos audibles de la interferencia TIP-VE. Sin embargo, la calidad de 5 resultante con una relación portadora/ruido tan pequeña sugiere que el material del programa de radiodifusión en el momento de realizar las pruebas estaba muy modulado, muy procesado y bastante «denso»; por ejemplo, música «pop» comprimida. No se indica el tipo de material del programa. Las mediciones de la profundidad de modulación de las transmisiones MA realizadas por la BBC y publicadas en [referencia 3] demuestran que la profundidad de modulación de la música «pop» muy procesada podía ser de hasta 6 dB mayor que la de la voz; un valor eficaz (rms) de 40% respecto a 20%. Si este fuera el caso, se podría tolerar al menos 6 dB más (nivel más alto) de interferencia; probablemente porque la naturaleza continua de la música sin silencios o pausas enmascarará los efectos.

En el Cuadro A5-4 – Resumen de los resultados de las pruebas de campo (véase A.9-Apéndice 1)– del informe sobre las pruebas realizadas en Shanghái y, en particular, la columna 9 –Campo H perjudicial– (resaltada en amarillo en A.9-Apéndice 1) puede observarse que los valores medidos reales del campo H interferente en el emplazamiento del receptor oscilaron entre 6,3 dB $\mu$ A/m y 14,0 dB $\mu$ A/m a 856,8 kHz (décimo armónico de 85,68 kHz: 1,8 kHz fuera de la trama) y entre 3 dB $\mu$ A/m y 11,2 dB $\mu$ A/m a 1 199,52 kHz (decimocuarto armónico de 85,68 kHz: 2,52 kHz fuera de la trama). Curiosamente, a 856,8 kHz la intensidad de campo medida se reduce a medida que el receptor/punto de medición se acerca a la fuente de interferencia, que es lo contrario de lo que podría esperarse. Ninguno de estos valores refleja la reducción prevista (teórica) de 60 dB por década<sup>20</sup> en la intensidad de campo magnético cuando aumenta la distancia respecto de la fuente. De estos factores se desprende que o bien había una anomalía magnética o posiblemente una anomalía en la medición.

Utilizando el valor nominal y con referencia a la fila 8 (de datos) del Cuadro A5-4 (resaltada en azul en A.9-Apéndice 1), considerado como el «caso más desfavorable», la intensidad de campo medida en el receptor es de 5,3 dB $\mu$ A/m a una distancia de 4,3 m de la fuente:

Separación	4,3 m	Armónico	856,8 kHz	
Señal deseada			+42 dB $\mu$ A/m	(j)
Nivel TIP-VE a 4,3 m de la fuente			+5,3 dB $\mu$ A/m	

<sup>20</sup> En el campo cercano.

En el § A5.1.3 del Anexo 5 se recomienda que la distancia de separación mínima entre el cargador TIP-VE y un receptor víctima sea de 3 m. La separación mínima utilizada en la evaluación fue de 4,3 m. Lo ideal sería hacer una corrección, pero la extrapolación de los resultados de la columna 9 del Cuadro A5-4 (A.9-Apéndice 1) sería difícil y, de todos modos, no se dispone de los resultados de las pruebas.

### Conciliación

Como ya se ha indicado, en la Recomendación UIT-R BS.703 (que a su vez se cita en el estudio) se afirma que la sensibilidad mínima de un receptor medio en ondas hectométricas es de 60 dB $\mu$ V/m; lo que equivale a 8,5 dB $\mu$ A/m. A 42,5 dB $\mu$ A/m (c) el nivel de la señal de radiodifusión deseada en el estudio de Shanghái es 34,0 dB mayor que dicho nivel. Para poder realizar la comparación con la cifra propuesta en A5.1.3, que se basa en la mínima intensidad de campo utilizable y no en la elevada intensidad de campo entrante del estudio de Shanghái, el valor indicado del estudio debe reducirse en 34 dB.

$$+5,3 \text{ dB}\mu\text{A/m} - 34,0 \text{ dB} \qquad -28,3 \text{ dB}\mu\text{A/m} \qquad \text{(k)}$$

Para compensar la elevada profundidad de modulación deducida (véase el apartado orientación y observaciones *supra*), este valor debe reducirse, *como mínimo*, en otros 6 dB

$$-28,3 \text{ dB}\mu\text{A/m} - 6 \text{ dB} \qquad -34,3 \text{ dB}\mu\text{A/m} \qquad \text{(l)}$$

Del análisis del § A5.1.3 se desprende que el nivel máximo tolerable no debería ser superior a -43 dB $\mu$ A/m en el receptor. Así que todavía hay una diferencia de 8,7 dB entre los niveles obtenidos por el estudio de Shanghái y los resultantes de los estudios de la UER. Sin embargo, hay una serie de factores que se debían haber tenido en cuenta. Como no fueron medidos en el momento de realizar las pruebas, no es posible cuantificar con exactitud estos efectos; no obstante a continuación se trata de hacer una estimación realista.

### Respuesta en frecuencia de audio del receptor

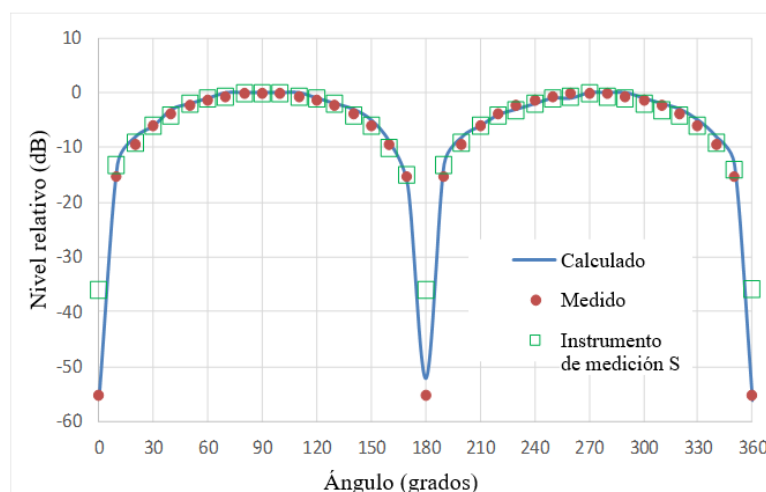
No se conoce la respuesta en frecuencia del receptor Tecsun PL-380 utilizado y no se ha facilitado información al respecto. El análisis de la UER parte del supuesto de que la respuesta en frecuencia del receptor es plana en toda la banda de audio, hasta unos 4 kHz. Sin embargo, el receptor comercial utilizado para el estudio de la BBC en mayo de 2018 [2], un Panasonic GX-500, tenía una respuesta de audiofrecuencia de 4 dB a 1,8 kHz. Suponiendo que el rendimiento del receptor Tecsun es similar, el valor arriba calculado en (l) debería reducirse en otros 4 dB (aproximadamente).

$$-34,3 \text{ dB}\mu\text{A/m} - 4,0 \text{ dB} \qquad -38,3 \text{ dB}\mu\text{A/m} \qquad \text{(m)}$$

### Orientación del receptor

Casi todos los receptores analógicos comerciales en ondas hectométricas utilizan una antena de varilla de ferrita, por lo que la respuesta a las señales entrantes no es omnidireccional. Tales antenas tienen una respuesta en forma de ocho que permite anular una señal interferente orientando debidamente el receptor. Sin embargo, la atenuación de la interferencia disminuye rápidamente si se modifica la orientación, como se ilustra en el siguiente gráfico. Las pruebas realizadas por la BBC confirman que las antenas reales se comportan según lo previsto, como se indica en el gráfico.

FIGURA A9-1  
Directividad del receptor calculada y medida



NOTA:

- i) El receptor estaba equipado con un instrumento de medición que daba una lectura directa en  $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ . La idea inicial era ir girando el receptor y tomar la lectura del medidor a intervalos de  $10^\circ$ . Sin embargo, los resultados «medidos» mostrados se obtuvieron realmente variando el nivel del generador, para mantener constante la lectura del medidor (a  $70 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m}$ ). Se estimó que este procedimiento era más exacto.
- ii) Para verificar los resultados, se tomaron medidas siguiendo el procedimiento original. Los resultados obtenidos se representan con la curva «instrumento de medición S». Obsérvese que el valor mínimo no está claramente definido porque el ruido del medidor es de unos  $32 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m}$ .

Dada la naturaleza de los resultados de las pruebas de Shanghái parece poco probable que el receptor se haya orientado deliberadamente para maximizar la interferencia a expensas de la señal deseada. De hecho, los resultados sugieren lo contrario y es muy probable que la orientación no se tuviera realmente en cuenta. Suponiendo un valor medio de unos  $3 \text{ dB}$ , la cifra calculada en (m) debe reducirse en otros  $3 \text{ dB}$ .

$$-38,3 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m} - 3 \text{ dB} \qquad -41,3 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m} \qquad (n)$$

### Enmascaramiento de audio

Aunque los estudios de la BBC descritos en [2] permiten cuantificar de alguna manera los efectos del enmascaramiento por ruido de fondo aleatorio, no se ha hecho ninguna evaluación cuantitativa del efecto de enmascaramiento de la propia señal de audio. Se sabe (a partir de las pruebas subjetivas descritas en [1]) que el efecto intrusivo de la fuente interferente es mayor durante los silencios cortos en los programas de voz. Sin embargo, es evidente que el material de audio más sonoro, continuo y denso tendrá el efecto de enmascarar adicionalmente la interferencia. Si bien en el estudio chino no se indica el tipo del material de programa utilizado, el hecho de que se obtuvieran resultados de tan alta calidad en presencia de elevados niveles de ruido de fondo permite suponer que no se trataba de programas de voz. Aunque resulta difícil de cuantificar, de los resultados de los estudios relativos al ruido aleatorio en [2] se desprende que el efecto de enmascaramiento adicional debido a que el programa es continuo y de «gran sonoridad» podría ser de al menos  $4 \text{ dB}$  y probablemente más. Si se ajusta el valor calculado en (n) en  $4 \text{ dB}$  se obtendría un valor inferior al de la UER. El hecho de que estos valores estén muy próximos es probablemente una coincidencia.

$$-41,3 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m} - 4,0 \text{ dB} \qquad -45,3 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m} \qquad (o)$$

El estudio realizado por la BBC en mayo de 2018 [2] indica que si la fuente de interferencia sinusoidal, por ejemplo, un armónico TIP-VE, es inferior en 10 dB al ruido del sistema predominante, éste quedará enmascarado. En este caso, el ruido ambiental<sup>21</sup> era de 13 dB $\mu$ A/m y el armónico TIP-VE interferente era de 5 dB $\mu$ A/m, es decir, ya es 8 dB más pequeño. Habida cuenta del resto de factores (respuesta de frecuencia del receptor, etc.) que se han de tomar en consideración, no es de extrañar que la interferencia sea inaudible.

Mediante un análisis similar de los resultados relativos a la transmisión de radiodifusión en 1 197 kHz se obtiene una conclusión muy similar.

### **Epílogo – Atenuación por penetración en edificios**

En el § A5.1.2 se cita: «la atenuación por penetración en edificios» actúa como factor atenuante que ayudará a reducir los efectos de los sistemas TIP-VE en los receptores de radiodifusión. En dicha sección se afirma: «normalmente hay paredes entre los garajes subterráneos y los edificios de los residentes. La atenuación por penetración en paredes introducirá una atenuación adicional de 17 dB en el nivel de la señal de la TIP-VE. Este valor se ha medido y verificado mediante pruebas de campo».

Este hecho resulta irrelevante por varias razones, por lo que no puede considerarse como un factor de atenuación, a saber:

- 1) No es cierto que siempre haya una pared de cualquier tipo entre el cargador de la TIP-VE y el receptor de radiodifusión. Los receptores portátiles suelen funcionar al aire libre y gran proporción de la audiencia de emisiones AM se realiza en automóviles<sup>22</sup>. Además, la gran mayoría de los usuarios de automóviles (sobre todo en Europa) no tienen acceso a un aparcamiento subterráneo.
- 2) El valor de 17 dB se ha obtenido de un estudio realizado con ondas de radio formadas a 5,8 GHz. No se puede asumir sin más que el comportamiento de las ondas de radio a 6 GHz es de algún modo comparable al de los campos magnéticos a menos de 30 MHz.
- 3) De resultados del punto 2), a las distancias de separación previstas (y muy probablemente en todas partes), las emisiones no deseadas de los sistemas TIP-VE no serán ondas de radio, por lo que el mismo concepto de pérdida por penetración en edificios resulta probablemente irrelevante. Lo que sí es pertinente es la propensión de los campos magnéticos a penetrar en edificios. Según un estudio informal realizado por la BBC y cuyos resultados se describen en el Adjunto 3 al Anexo 8 (pérdidas por penetración en edificios), la mayoría de los materiales de construcción comunes (ladrillos, madera, plásticos, vidrio) son completamente transparentes a los campos magnéticos y, por ende, no tendrán ningún efecto atenuante. Las únicas excepciones son los materiales magnéticos como el acero y los materiales conductores en los que las corrientes inducidas pueden perturbar el campo magnético. El hormigón es magnéticamente transparente, sin embargo, se utiliza frecuentemente con refuerzos metálicos (conductores) y las corrientes inducidas en dicho refuerzo podrían perturbar el campo magnético. A escala mundial, los edificios residenciales hechos de materiales conductores y de acero son poco comunes. Los edificios residenciales hechos de hormigón armado son más comunes pero no lo suficiente como para que dicha atenuación pueda considerarse un factor.

---

<sup>21</sup> Dado el alto nivel de ruido ambiental es poco probable que la contribución del ruido del receptor sea significativa, si lo hiciera solo se añadiría a ella.

<sup>22</sup> Según RAJAR (Radio Joint Audience Research) en el Reino Unido el 22,8% de la audiencia de radio se produce en automóviles.

#### A9.4 Referencias

- [1] BBC Research and Development White Paper WHP322 (2017) – Wireless Power Transfer: Plain Carrier Interference to AM Reception  
<https://www.bbc.co.uk/rd/publications/wireless-power-transfer-plain-carrier-interference-to-am-reception>
- [2] BBC Research and Development White Paper WHP322 (2017) – Wireless Power Transfer (WPT) – Further Studies on the Performance of MF Sound Broadcasting Receivers in the Presence of Interference from WPT
- [3] Informe UIT-R BS.2433-0 – *Evaluación de la profundidad de la modulación de las transmisiones de radiodifusión sonora en MA* (10/2018)

### Anexo 10

#### Estudio de los efectos de la TIP-VE que funciona en la gama de frecuencias 79-90 kHz sobre los sistemas de radiocomunicaciones en el servicio de aficionados

##### A10.1 Introducción

En este anexo se presenta un análisis de los efectos de los sistemas TIP-VE sobre las radiocomunicaciones del servicio de aficionados. Los datos para el análisis se han obtenido de la información publicada sobre el servicio de aficionados, los sistemas TIP-VE y de los informes y estudios existentes en la CEPT, la UIT y el CISPR/CENELEC.

##### A10.2 Antecedentes

El servicio de aficionados es un servicio de radiocomunicaciones definido en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (número **1.56** del RR). Hay unos 3 millones de radioaficionados con licencia en todo el mundo. El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT establece las frecuencias asignadas al servicio de aficionados. Aunque las atribuciones varían ligeramente entre los distintos países y regiones de la UIT, en el Cuadro A10-1 se describen las atribuciones actuales hasta 1 GHz. También hay numerosas atribuciones por encima de 1 GHz.

## CUADRO A10-1

**Atribuciones mundiales al servicio de aficionados por debajo de 1 GHz  
en el RR de la UIT y de conformidad con el número 4.4 del RR**

(Obsérvese que hay variaciones en los planos nacional y regional  
de este cuadro en algunas gamas de frecuencias)

<b>Gama de frecuencias</b>	<b>Categoría de atribución</b>
135,7-137,8 kHz	Atribución a título secundario
472,0-479,0 kHz	Atribución a título secundario
1 800-2 000 kHz	Parte a título primario y parte a secundario
3 500-4 000 kHz	Atribución a título primario
5 351,5-5 366,5 kHz	Atribución a título secundario
7 000-7 300 kHz	Atribución a título primario
10 100-10 150 kHz	Atribución a título secundario
14 000-14 350 kHz	Atribución a título primario
18 068-18 168 kHz	Atribución a título primario
21 000-21 450 kHz	Atribución a título primario
24 890-24 990 kHz	Atribución a título primario
28,0-29,7 MHz	Atribución a título primario
50,0-54,0 MHz	Parte a título primario y parte a secundario
70,0-70,5 MHz	Atribución a título secundario
144-148 MHz	Atribución a título primario
430-450 MHz	Atribución a título secundario

Las características de las estaciones que funcionan en el servicio de aficionados se definen en la Recomendación UIT-R M.1732 [1]. Las cuestiones de protección del servicio de aficionados se basan en la Recomendación UIT-R F.240.

El servicio de aficionados es esencialmente un servicio de baja potencia cuyo funcionamiento se basa en tener un bajo nivel de ruido de fondo.

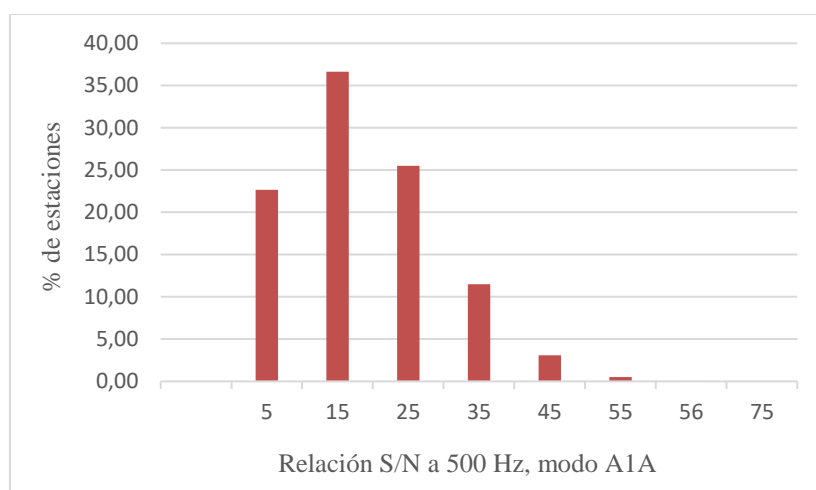
Dado que no existen niveles mínimos de señal asociados a las comunicaciones del servicio de aficionados, para evaluar adecuadamente la susceptibilidad del servicio a la interferencia perjudicial es necesario examinar el patrón real de comunicación en el servicio. La Reverse Beacon Network<sup>23</sup> del servicio de aficionados mantiene una base de datos en tiempo real de las señales de aficionados en modo A1A que se supervisan automáticamente en cientos de estaciones receptoras de todo el mundo y se combinan globalmente. Para llegar a alguna conclusión acerca de la relación señal/ruido típica del servicio de aficionados, se han analizado los datos de estas estaciones de supervisión durante un prolongado periodo.

La Fig. A10-1 muestra la distribución de los niveles de la señal A1A en el servicio de aficionados, obtenida de 528 280 puntos.

<sup>23</sup> <http://www.reversebeacon.net/>



FIGURA A10-1

**Distribución de la relación S/N típica del servicio de aficionados**

Si los datos anteriores se presentan en la misma anchura de banda que las mediciones de la Recomendación UIT-R P.372-13 [2], esto daría lugar a un empeoramiento de 13 dB de las relaciones señal-ruido mencionadas.

Este gráfico muestra claramente que cualquier aumento significativo del nivel de ruido de fondo tendrá una incidencia muy importante en las comunicaciones del servicio de aficionados, ya que el nivel de la mayoría de las comunicaciones se encuentra actualmente relativamente cerca del nivel de ruido.

Las relaciones señal/ruido arriba mencionadas son relativas a los niveles de ruido de fondo y, a tal efecto, los niveles de ruido de fondo artificial definidos en la Recomendación UIT-R P.372-13 constituyen un punto de referencia. Aunque se ha observado cierto aumento por encima de estos niveles de ruido en las «ciudades», según informes recientes los niveles en zonas residenciales y rurales han aumentado algo, del orden de 10-16 dB. En zonas rurales tranquilas, existen pruebas de que los niveles han aumentado un poco, lo que se debe, al parecer, al efecto acumulativo de millones de dispositivos digitales de baja potencia (por ejemplo, fuentes de alimentación conmutadas, unidades de alimentación de sistemas de iluminación LED, sistemas solares fotovoltaicos e instalaciones PLT/BPL) que crean emisiones de banda ancha propagadas por reflexión ionosférica.

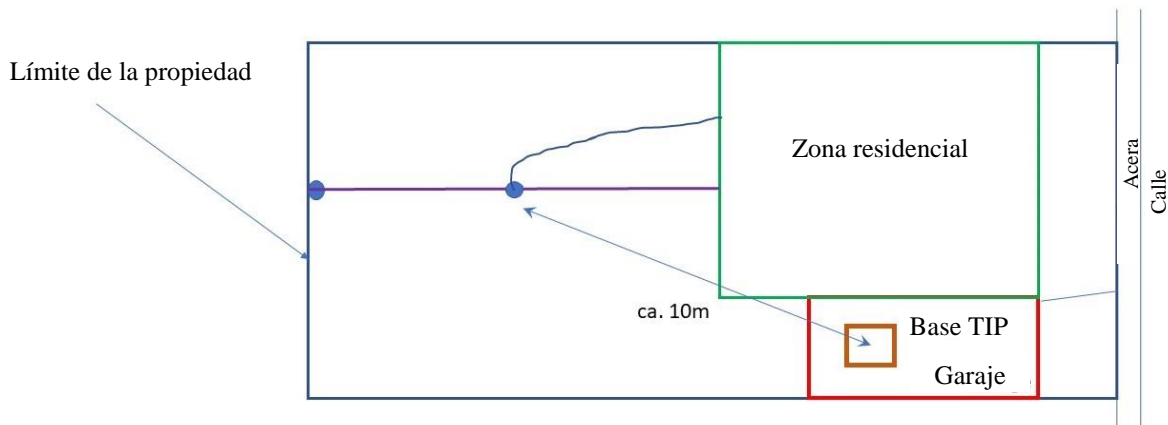
Un aspecto por el que es necesario mantener un entorno de bajo ruido en el servicio de aficionados es que los usuarios de los servicios de aficionados deben proporcionar comunicaciones de socorro en casos de catástrofe, a menudo con bajos niveles de señal. En muchos países el servicio de aficionados se considera un valioso servicio auxiliar en caso de interrupción o sobrecarga de los sistemas de comunicaciones normales. Los gobiernos confían en esta capacidad en situaciones de emergencia. Las atribuciones de los servicios de aficionados en HF y VHF se utilizan con este fin. La palabra «aficionado» puede ser engañosa, ya que las estaciones del servicio de aficionados también participan en la investigación fundamental sobre la ionosfera y la propagación. Es evidente que cualquier degradación significativa del nivel de ruido de fondo afectará negativamente a la capacidad del servicio en todos estos ámbitos.

Se han establecido precedentes para reconocer la necesidad de proteger las frecuencias del servicio de aficionados en las normas y en los límites relativos a las telecomunicaciones por líneas eléctricas [3], los servicios DSL [4] y Gfast [4]. Cabe señalar que el nivel de protección adicional consagrado, por ejemplo, en los límites del PLT en el CISPR es del mismo orden que el propuesto más adelante en el anexo.

### A10.3 Ubicación de las instalaciones de TIP-VE

Los sistemas TIP-VE se planifican para el entorno doméstico, en garajes domésticos, así como en los aparcamientos y en zonas de servicio público. Por consiguiente, cabe esperar que las instalaciones domésticas TIP-VE estén situadas cerca de las viviendas. La Fig. A10-2 representa una representación esquemática de una instalación doméstica típica de la TIP-VE junto con una instalación del servicio de aficionados. Se observará que es totalmente factible (de hecho, probable en muchos casos) que la antena de la instalación del servicio de aficionados se encuentre a menos de 10 m de la instalación de la TIP-VE.

FIGURA A10-2  
Esquema de instalación en una vivienda típica en el Reino Unido



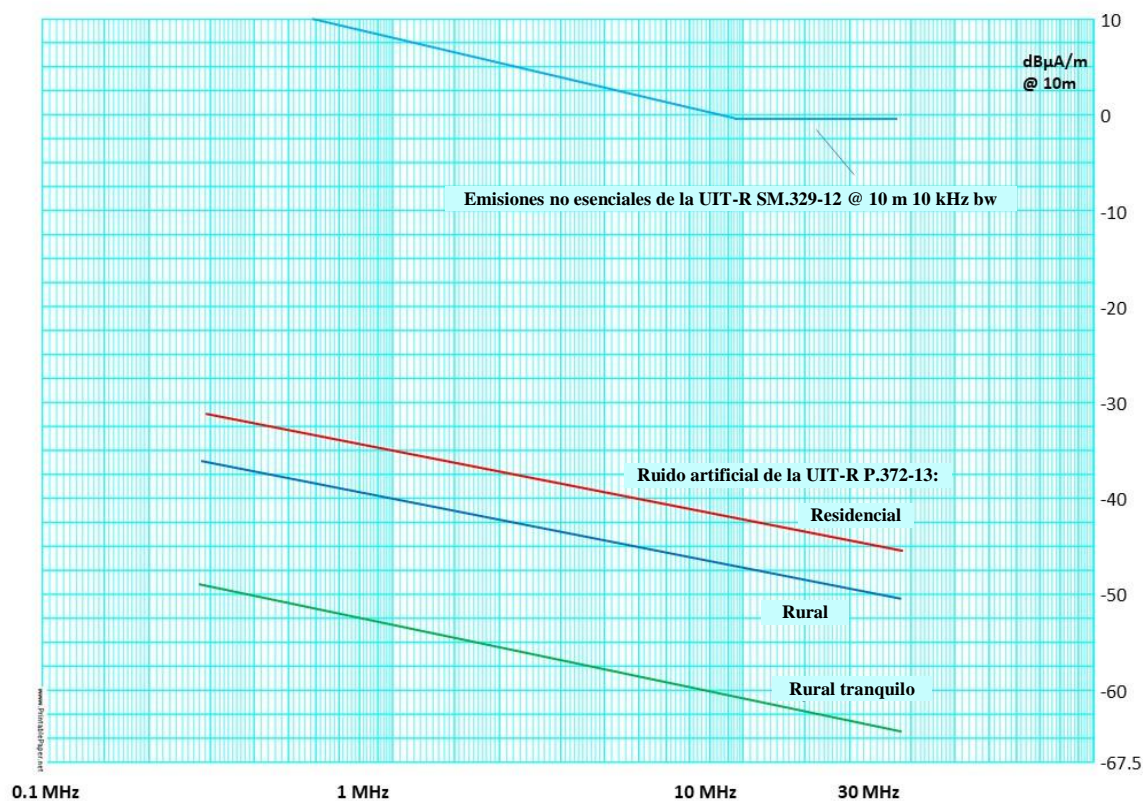
### A10.4 Niveles de emisión en el dominio no esencial

Actualmente no hay límites acordados para las emisiones de armónicos y otras emisiones radiadas de los sistemas TIP-VE. La información disponible sobre las emisiones radiadas reales a frecuencias armónicas de esos sistemas que funcionan en la gama de 79-90 kHz es limitada. En algunos estudios se ha partido del supuesto de que los límites establecidos para otros fines (por ejemplo, dispositivos inductivos de baja potencia) también pueden resultar adecuados para la TIP-VE. Estos límites no tienen por objeto proporcionar una protección adecuada contra la interferencia perjudicial, aunque existen indicios de que ciertos diseñadores de sistemas TIP-VE los están utilizando de base para planificación. No obstante, recurrir a estos límites como base para el rendimiento del sistema permite evaluar la diferencia entre la protección adecuada de las estaciones del servicio de aficionados y las emisiones de la TIP-VE.

En la Fig. A10-3 se muestran los niveles de emisión establecidos en la Recomendación UIT-R SM.329-13 (muy similares a los límites de la Clase B de la CISPR11) y los niveles de ruido de fondo de la Recomendación UIT-R P.372-12. Puede observarse una diferencia muy significativa entre estos niveles. Las emisiones no esenciales a los niveles límite indicados rebasarán el nivel de ruido de fondo en 40-50 dB, lo cual tendría obviamente un efecto muy perjudicial para los servicios de radiocomunicaciones que funcionan con pequeñas relaciones señal/ruido.

FIGURA A10-3

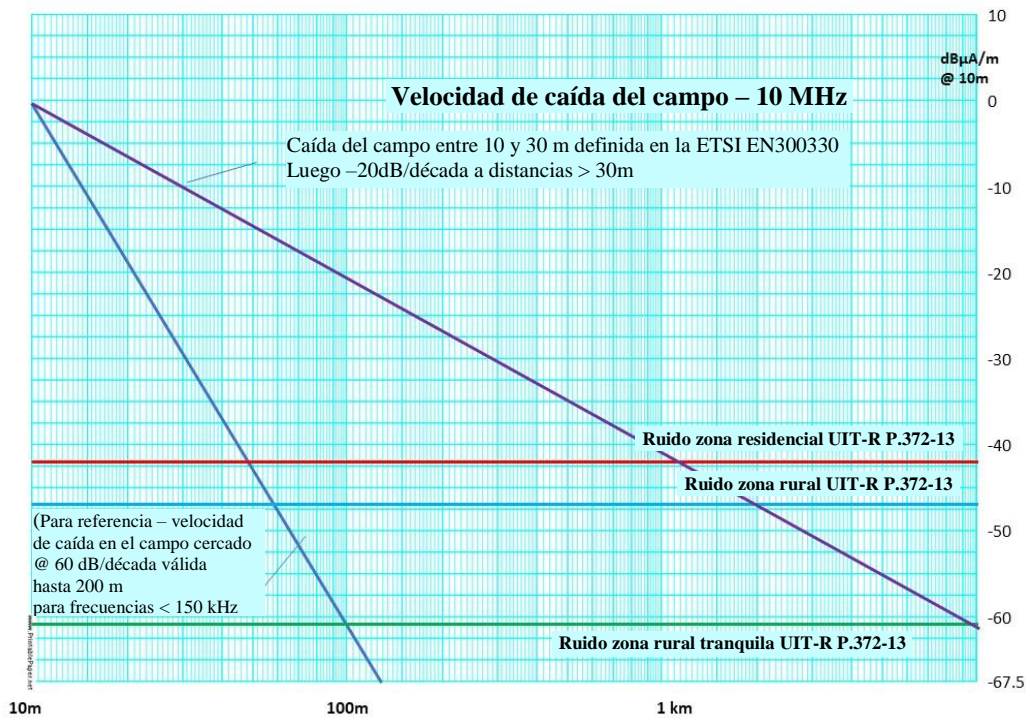
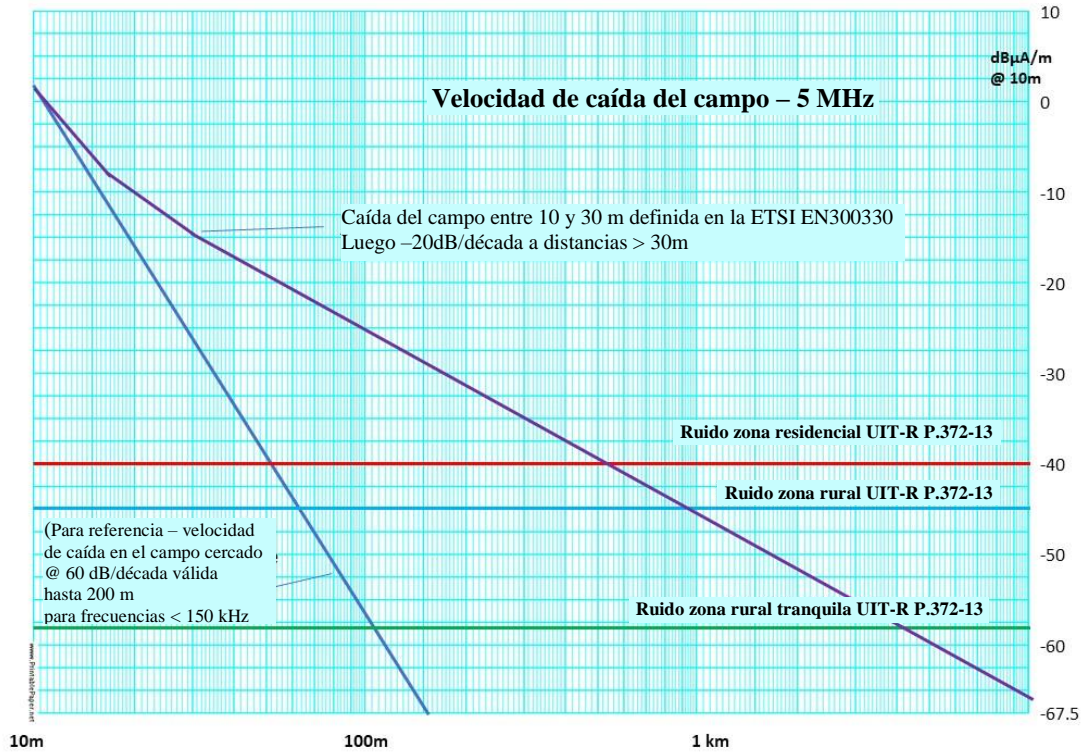
Representación gráfica de los límites de emisiones de la Rec. UIT-R SM.329-12 respecto de los niveles de ruido de fondo de la Rec. UIT-R P.372-13



Por otra parte, las características de las emisiones de los dispositivos inductivos se definen, entre otras, en la Norma Europea Armonizada ETSI EN 300330 [5]. Aunque en los modelos anteriores se ha supuesto a menudo una velocidad de caída en el «campo cercano» de 60 dB/década de distancia, el documento del ETSI confirma que la velocidad de caída de las emisiones depende de la frecuencia. En el Apéndice I de la norma EN 300330 se indican las velocidades de caída pertinentes para distancias de medición de 10 m a 30 m y, combinando estos datos con otros sobre las distancias de la transición del campo cercano al campo lejano, se pueden calcular las emisiones de los sistemas TIP-VE con emisiones (medidas a 10 m) en los límites de los dispositivos de corto alcance definidos en la Recomendación UIT-R SM.329.

Utilizando estos datos, se representan en la Fig. A10-4 las emisiones radiadas de armónicos proyectadas en 5 MHz y 10 MHz resultantes de los armónicos del sistema TIP-VE que funcionan a los niveles hipotéticos. Se verá que a 5 MHz, las emisiones superan el ruido de fondo rural en 10 dB o más a distancias de unos 250 m de la instalación de TIP-VE y a 10 MHz esta distancia aumenta aún más. Este resultado confirma el argumento de que las emisiones no esenciales a 10 m deben ser muy inferiores a los límites que, al parecer, están considerando los diseñadores de la TIP-VE, a fin de impedir que se produzca interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicaciones.

FIGURA A10-4  
Caída de las emisiones a 5 MHz y 10 MHz según la norma EN 300330



### A10.5 Nivel de protección adecuado

A falta de mediciones significativas de las emisiones de armónicos procedentes de los sistemas TIP-VE de 79-90 kHz, cualquier evaluación de la verdadera magnitud de la diferencia en el funcionamiento es mera especulación. Por esta razón, en el análisis anterior se han utilizado para la TIP-VE límites propuestos para otros sistemas.

Tendría más sentido definir el nivel adecuado de protección que requiere el servicio de aficionados.

La Recomendación UIT-R F.240 estipula que se debe estimar el nivel de servicio requerido y el modo de comunicación empleado. A fin de establecer un requisito de protección genérico para el servicio de aficionados, se han adoptado los niveles de servicio menos exigentes, junto con el nivel de protección más exigente para los modos de transmisión más comunes del servicio de aficionados. Para los servicios de pequeñas señales, existen precedentes establecidos para limitar el aumento del ruido de fondo a 0,5 dB [3]. Este valor está en consonancia con los niveles de protección menos exigentes propuestos en la Recomendación UIT-R F.240 utilizando la metodología anterior.

A fin de utilizar los niveles de la Recomendación UIT-R P.372-12 en entornos rurales, suponiendo que las emisiones de la TIP-VE son inestables en frecuencia o que no todas emiten exactamente en una frecuencia común y/o con niveles de ruido de banda ancha en la banda lateral o de fase, el nivel de protección requerido es de:

–45,5 dB $\mu$ A/m a 300 kHz, con una disminución de 8 dB por década de frecuencia hasta  
–61,5 dB $\mu$ A/m a 30 MHz.

A título comparativo, si se selecciona como referencia el nivel de ruido residencial, entonces el nivel de protección requerido se convierte en:

–41,5 dB $\mu$ A/m a 300 kHz, con una disminución de 8 dB por década de frecuencia hasta  
–57,5 dB $\mu$ A/m a 30 MHz.

Cabe señalar que este nivel no alcanzará la protección necesaria en las zonas rurales.

Todas las mediciones se realizaron a una distancia de 10 m.

Si la TIP-VE es una señal sinusoidal pura muy estable, que utiliza una frecuencia de funcionamiento universalmente adoptada, con un ruido de banda ancha no superior a la anterior, las señales del servicio de aficionados tienen mayor tolerancia a cierto nivel de interferencia de la emisión sinusoidal, ya que los armónicos generados estarán en una serie de frecuencias «puntuales» en todo el espectro. En tal caso, podría permitirse razonablemente que los armónicos de la senoide pura rebasaran el nivel anterior en unos 20 dB.

### A10.6 Medición de los sistemas existentes

Del estudio de algunos de los datos presentados sobre las mediciones de los sistemas TIP-VE existentes se desprende que las mediciones del nivel de ruido de fondo descritas en algunos informes sobre las emisiones de los sistemas TIP-VE adolecen de graves errores técnicos, debido a que utilizan equipos de medición cuya sensibilidad es insuficiente para medir el verdadero nivel de ruido de fondo.

A fin de medir el ruido de fondo entre 3-30 MHz se necesita, por regla general, una sensibilidad del sistema de  $-158$  dBm/Hz como mínimo para que el resultado sea significativo. El ruido del sistema de medición (particularmente la antena activa) presenta una falsa impresión de los verdaderos niveles de ruido de fondo. En particular, los estudios incluidos en el actual APNR del UIT-R para el punto 9.1.6 del orden del día de la CMR-19, presentan una imagen inexacta de los verdaderos niveles de ruido porque se utilizan equipos de medición inadecuados.

En consecuencia, para medir los niveles de ruido de fondo en un lugar de pruebas es preciso ser meticuloso y garantizar que se utilicen las antenas y receptores de prueba adecuados para los niveles de emisiones previstos. Las pruebas realizadas hasta ahora a menudo no se corresponden adecuadamente con toda la gama dinámica del espectro del caso.

Es muy probable que resulte necesario especificar nuevos métodos y procedimientos de prueba, habida cuenta de los requisitos de protección necesarios para evitar la interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicaciones causada por la TIP-VE.

### A10.7 Resumen

Uno de los objetivos fundamentales cuando se introducen nuevas tecnologías es garantizar que el espectro radioeléctrico se pueda seguir utilizando, en consonancia con los Artículos **15.12** y **15.13** del Reglamento de Radiocomunicaciones [6] y con las normas EMC pertinentes. La utilización de TIP-VE para vehículos eléctricos tendrá efectos importantes y generalizados sobre el espectro radioeléctrico a menos que se establezcan normas y límites adecuados que sean considerablemente más estrictos que los estipulados actualmente para los dispositivos inductivos de otro tipo. Este estudio muestra que resulta esencial establecer límites de emisiones radiadas fuera de la frecuencia de funcionamiento del sistema TIP-VE que proporcionen una protección adecuada, a fin de poder desplegar la tecnología TIP-VE. De lo contrario, no será viable la coexistencia de los servicios de radiocomunicaciones y los sistemas TIP-VE en el mismo entorno.

## Referencias

- [1] Recomendación UIT-R M.1732 – *Características de los sistemas que funcionan en el servicio de aficionados y de aficionados por satélite para utilizarlas en estudios de compartición*
- [2] Recomendación UIT-R P.372-13 – *Ruido radioeléctrico*
- [3] Informe UIT-R SM.2158 – *Repercusión de los sistemas de telecomunicaciones por líneas eléctricas en los sistemas de radiocomunicaciones que funcionan por debajo de 80 MHz*
- [4] Recomendación UIT-T G.993.2, Enmienda 2 (03/2016) – *Transceptores de línea digital de abonado de velocidad muy alta 2 (VDSL2)*, (Sección 7.2.1.2 Control de salida)
- [5] EN300330 Short Range Devices (SRD) – Radio equipment in the frequency range 9 kHz to 25 MHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz to 30 MHz; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU
- [6] Reglamento de Radiocomunicaciones:

**15.12** § 8 Las administraciones adoptarán cuantas medidas prácticas sean necesarias para que el funcionamiento de los aparatos e instalaciones eléctricas de toda clase, incluidas las redes de distribución de energía o de telecomunicaciones, pero excluidos los equipos destinados a aplicaciones industriales, científicas y médicas, no puedan causar interferencias perjudiciales a un servicio de radiocomunicación y, en particular, a un servicio de radionavegación o cualquier otro servicio de seguridad que funcione de acuerdo con el presente Reglamento.

**15.13** § 9 Las administraciones adoptarán cuantas medidas prácticas sean necesarias para que la radiación de los equipos destinados a aplicaciones industriales, científicas y médicas sea mínima y para que, fuera de las bandas destinadas a estos equipos, el nivel de dicha radiación sea tal que no cause interferencia perjudicial al servicio de radiocomunicación y, en particular, a un servicio de radionavegación o cualquier otro servicio de seguridad que funcione de acuerdo con el presente Reglamento.

## Anexo 11

### Análisis de los efectos de los sistemas TIP-VE a los audífonos de bucle magnético

Los audífonos de bucle magnético (T-coil) se utilizan desde 1927 y es el único sistema de comunicación universal para las personas con problemas de audición en muchos ámbitos, desde el doméstico hasta el comercial, y en algunos países es una función común disponible en los teléfonos móviles y de línea.

El símbolo que indica su disponibilidad es una oreja azul:



Utiliza una señal audio en la banda base de hasta 10 kHz.

Aunque se han realizado pruebas prácticas con dos tipos de sistemas TIP-VE y  $< 15$  vatios (dispositivos de transferencia de energía que muestran una interferencia mínima), todavía se han de examinar los sistemas EV de alta potencia. En la Recomendación UIT-R M.1076-1 se ofrece más información al respecto.

#### A11.1 Parámetros operativos

La intensidad de campo magnético alcanzable de un sistema de bucle de inducción sobre una determinada «zona» debería ser de 400 mA rms por metro.

Gama de frecuencias: 50 Hz a 10 kHz

Sensibilidad: entre  $-98$  dBVrms y  $-95$  dBVrms

#### A11.2 Límites de interferencia

Se estima que si se rebasan los siguientes valores de la intensidad de campo se producirá interferencia a los receptores de bucle magnético.

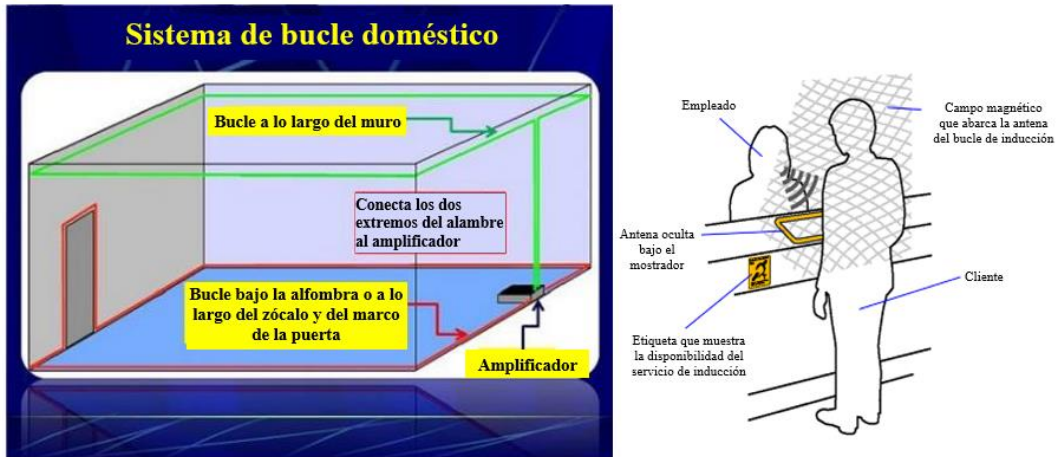
Gama de frecuencias	Mínima intensidad de campo a 1M para causar interferencia
50 Hz – 12 kHz	0,3 mA/m
>12 kHz – 100 kHz	300 mA/m

#### A11.3 Transmisores de bucle magnético

El bucle de audición (a veces llamado bucle de inducción de audio) es un tipo especial de sistema de sonido destinado a personas con problemas auditivos. El bucle de audición genera una señal magnética e inalámbrica que recibe el audífono cuando se ajusta en la posición «T» (bobina telefónica).

El bucle de audición consiste en un micrófono para captar la voz; un amplificador que procesa la señal y luego la envía a través de la última unidad; el cable del bucle, un cable colocado alrededor del perímetro de un área específica, es decir, una sala de estar o de reunión, una iglesia, un mostrador de servicio, etc., que actúa de antena que emite la señal magnética hacia el audífono.

A continuación se muestra un diagrama del bucle de audición en el mostrador de una tienda o de un banco y en una instalación doméstica:



### A11.4 Receptores de bobina magnética

Existen muy diversos tipos, pero la mayoría de los módulos los fabrica la misma empresa.

Módulo de conexión del audifono

Unidad auricular para mejorar la audición telefónica, etc.



Collar de inducción



Bobina magnética incorporada en el audifono

