

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Informe UIT-R SM.2421-0
(06/2018)

**Emisiones no deseadas de los
sistemas radiodigitales**

Serie SM
Gestión del espectro



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

Prólogo

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

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

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

Series de los Informes UIT-R

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

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

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, 2018

© UIT 2018

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.2421-0

Emisiones no deseadas de los sistemas radiodigitales

(2018)

Cometido

En este informe se presentan las mediciones de las emisiones no deseadas correspondientes a diversas muestras de equipos de sistemas radiodigitales, las cuales se comparan con:

- los límites de las emisiones fuera de banda de la Recomendación UIT-R SM.1541, de los acuerdos regionales y de las publicaciones de las organizaciones de normalización (SDO);
- los límites de las emisiones no esenciales que figuran en la Recomendación UIT-R SM.329, la norma ERC/REC 74-01 y las publicaciones de las organizaciones de normalización (SDO).

Los límites de las emisiones no deseadas basadas en la modulación correspondientes a estas mediciones se comparan con los límites entre el dominio fuera de banda y el dominio no esencial que figuran en las publicaciones del UIT-R.

Abreviaturas y acrónimos

3GPP	Proyecto de asociación de tercera generación (<i>3rd generation partnership project</i>)
BCCH	Canal de control común de difusión (<i>broadcast control channel</i>)
BS	Estación de base (<i>base station</i>)
BW	Anchura de banda (<i>bandwidth</i>)
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (<i>European Conference of Postal and Telecommunications Administrations</i>)
D/A	Digital a analógico (<i>digital to analogue</i>)
DAB	Radiodifusión de audio digital (<i>digital audio broadcasting</i>)
DECT	Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (<i>digital enhanced cordless telecommunications</i>)
DSP	Procesador de la señal digital (<i>digital signal processor</i>)
DSSS	Espectro ensanchado por secuencia directa (<i>direct-sequence spread spectrum</i>)
DVB-T	Radiodifusión de vídeo digital – terrenal (<i>digital video broadcasting – Terrestrial</i>)
ECC	Comité de Comunicaciones Electrónicas (<i>electronic communications committee</i>)
e.i.r.p.	Potencia isotropa radiada equivalente (<i>equivalent isotropically radiated power</i>)
ERC	Comité Europeo de Radiocomunicaciones (<i>european radiocommunications committee</i>)
e.r.p.	Potencia radiada aparente (<i>effective radiated power</i>)
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (<i>european telecommunications standards institute</i>)
FDD	Frequency division duplex
FS	Servicio fijo (<i>fixed service</i>)
FSK	Modulación por desplazamiento de frecuencia (<i>frequency shift keying</i>)
GMSK	Desplazamiento mínimo gaussiano (<i>gaussian minimum shift keying</i>)

GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles (<i>global system for mobile communications</i>)
G-TEM	Ondas electromagnéticas transversales en gigahertzios (<i>gigahertz transverse electromagnetic</i>)
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
IMT	Telecomunicaciones móviles internacionales (<i>international mobile telecommunications</i>)
I/Q	En fase/cuadratura (<i>in-phase/quadrature</i>)
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones (<i>International Telecommunication Union</i>)
ITU-R	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Radiocomunicaciones (<i>International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector</i>)
LTE	Evolución a largo plazo (<i>long term evolution</i>)
OFDM	Multiplexación por división ortogonal de frecuencia (<i>orthogonal frequency-division multiplexing</i>)
OoB	Fuera de banda (<i>out-of-band</i>)
PMR	Radiocomunicación móvil privada (<i>private mobile radio</i>)
QAM	Modulación por amplitud en cuadratura (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
QPSK	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (<i>quadrature phase shift keying</i>)
RB	Bloque de recursos (<i>resource block</i>)
RF	Frecuencia radioeléctrica (<i>radio frequency</i>)
RLAN	Red radioeléctrica de área local (<i>radio local area network</i>)
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
Rx	Receptor (<i>receiver</i>)
SC-FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia con una sola portadora (<i>single carrier frequency division multiple access</i>)
SRD	Dispositivo de corto alcance (<i>short range devices</i>)
TDD	Dúplex por división de tiempo (<i>time division duplex</i>)
TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo (<i>time division multiple access</i>)
TETRA	Sistema de radiocomunicaciones terrenales con concentración de enlaces (<i>terrestrial trunked radio</i>)
TFES	Grupo de Trabajo del TC MSG / TC ERM para la producción de normas armonizadas según la Directiva R&TTE para la familia de las IMT (<i>TC MSG / TC ERM task force for the production of harmonised standards under the R&TTE directive for the IMT family</i>)
Tx	Transmisor (<i>transmitter</i>)
UE	Equipo de usuario (<i>user equipment</i>)

UMTS	Sistema de telecomunicaciones móviles universales (<i>universal mobile telecommunications system</i>)
VHF	Ondas métricas (<i>very high frequency</i>)
W-CDMA	Acceso múltiple por división de código de banda ancha (<i>wideband code division multiple access</i>)
WiMAX	Interoperabilidad mundial para acceso por microondas (<i>worldwide interoperability for microwave access</i>)
WLAN	Red de área local inalámbrica (<i>wireless local area network</i>)

1 Introducción

En el presente informe se examinan las emisiones no deseadas tanto en el dominio fuera de banda como en el no esencial, con especial atención a los sistemas digitales de banda estrecha y de banda ancha.

Los transmisores modernos de sistemas digitales siempre generan el espectro radioeléctrico digitalmente en la llamada «banda base». Tras la conversión de la señal digital a la señal analógica, las dos componentes de la banda base se desplazan directamente a la gama de frecuencias radioeléctricas mediante la aplicación de la modulación en fase/cuadratura. Como resultado de ello, no se producen crestas claras en el dominio no esencial. Los transmisores digitales, en comparación con los analógicos, no tienen picos.

Los actuales límites genéricos establecidos para las emisiones no deseadas de los sistemas radiodigitales se actualizaron o desarrollaron por primera vez hace unos 15 años, si bien las tecnologías digitales han evolucionado considerablemente desde entonces. Varias recomendaciones de la serie SM (Recomendaciones UIT-R SM.1541, UIT-R SM.329, UIT-R SM.1539 y otras) se elaboraron en el período comprendido entre 1996 y 2004, cuando los sistemas radiodigitales ya predominaban sobre los analógicos. La norma ERC/REC 74-01 es una recomendación de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones sobre las emisiones no deseadas del dominio no esencial en relación con los límites de la categoría B definidos en la Recomendación UIT-R SM.329.

Las mediciones de las emisiones no deseadas de diversas muestras de equipos de sistemas digitales se realizaron utilizando el proceso de medición y las configuraciones que figuran en el Anexo 1. Los resultados de la medición se presentan en el Anexo 2 y se resumen en los párrafos 2, 3 y 4.

2 Emisiones fuera de banda

En el cuadro 1 figura un resumen de la comparación de los resultados de las mediciones de varios sistemas digitales con los límites de las emisiones fuera de banda existentes en la Recomendación UIT-R SM.1541, la CRR-06 y las normas pertinentes del ETSI.

En las mediciones de los siguientes sistemas, se mejoraron los resultados de las máscaras específicas de las emisiones fuera de banda definidas en las normas pertinentes del ETSI:

- Estaciones de base LTE800 (Fig. 8)
- Equipos de usuario LTE800 (Fig. 10)
- Estaciones de base GSM900 (Fig. 16)
- Estación de base UMTS (Fig. 19)
- RLAN (Fig. 21) y
- Enlace punto a punto a 25 GHz (Fig. 24).

Los límites genéricos relativos a la «red de seguridad» indicados en las máscaras de la Recomendación UIT-R SM.1541 se mejoran considerablemente en las mediciones de los transmisores DVB-T (véase la Fig. 7) y del enlace punto a punto a 25 GHz (véase la Fig. 20); en lo que respecta a los demás sistemas del cuadro 1, no se disponía de información sobre los límites fuera de banda en la Recomendación UIT-R SM.1541.

Debe señalarse además que en algunos casos (por ejemplo, respecto de los dispositivos DECT de la Fig. 17) los límites solo se cumplen marginalmente.

CUADRO 1

Comparación de los resultados de las mediciones de varios sistemas digitales con límites fuera de banda

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.1541	CRR-06	ETSI
Transmisor DAB+	Figura 5	-	Se puede ver que la máscara crítica se sobrepasa con un desplazamiento de alrededor de 2,2 MHz, pero resulta difícil determinar el motivo debido a la limitación del equipo de medición en lo que respecta a la sensibilidad.	-
Transmisores DVB-T	Figura 7	El sistema DVB-T mejora esos límites en ~20 dB o más.	Muy ajustado.	-
Estaciones de base LTE800	Figura 8	En esta Recomendación no se facilita información sobre los límites fuera de banda correspondientes a este tipo de aplicación.	-	ETSI EN 301 908-14, cuadro 4.2.2.2.3-3: Aunque no se apliquen filtros externos, las emisiones fuera de banda más allá de un desplazamiento de aproximadamente 15 MHz (150% de la anchura del canal) ya están 20 dB por debajo del límite. Sin embargo, una de estas señales coincide con la máscara en los desplazamientos inferiores (<10 MHz), lo que podría cambiar si se aumentara el tiempo de medición.
Equipos de usuario LTE800	Figura 10	En esta Recomendación no se facilita información sobre los límites fuera de banda correspondientes a este tipo de aplicación.	-	ETSI EN 301 908-13, cuadro 4.2.3.1.2-1: Los equipos de usuario probados ofrecen mejores resultados que la máscara de las emisiones fuera de banda en distintas medidas y muestran emisiones asimétricas, con una mayor supresión por encima de los 862 MHz. Esto sugiere la presencia de filtrado (interno) para resolver los problemas de coexistencia con los sistemas situados en bandas de frecuencias adyacentes.

I. UIT-R SM.2421-0

CUADRO 1 (fin)

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.1541	CRR-06	ETSI
Estaciones de base GSM900	Figura 16	En esta Recomendación no se facilita información sobre los límites fuera de banda correspondientes a este tipo de aplicación.	-	ETSI TS 145 005: En toda la gama, el nivel de las emisiones no deseadas está por debajo del límite del ETSI y, en particular, con un desplazamiento de 400 kHz, mejora la máscara de emisión en aproximadamente 10 dB.
DECT	Figura 17			Los niveles fuera de banda de ambos dispositivos DECT medidos no cumplen los requisitos de la norma del ETSI [17] en la gama de desplazamiento en torno a 1 MHz. Puesto que en el dominio fuera de banda solo pueden observarse emisiones relacionadas con la modulación, puede suponerse que todos los dispositivos DECT tendrán casi el mismo espectro fuera de banda, en cuyo caso parece que existe un margen considerable entre el límite de emisiones fuera de banda y las emisiones reales fuera de banda, sobre todo en la gama del canal adyacente con un desplazamiento de 2 MHz.
Estación de base UMTS	Figura 19	En esta Recomendación no se facilita información sobre los límites fuera de banda correspondientes a este tipo de aplicación.	-	ETSI TS 125 104 , capítulo 6.6.2.1, cuadro 6.5: Las emisiones fuera de banda están al menos 15 dB por debajo de la máscara. Las emisiones no deseadas debidas a la modulación ya desaparecen en el ruido de banda ancha del amplificador con un desplazamiento de alrededor del 125% de la anchura del canal.
RLAN	Figura 21	En esta Recomendación no se facilita información sobre los límites fuera de banda correspondientes a este tipo de aplicación.	-	ETSI EN 300 328: Con un desplazamiento del 250%, las emisiones fuera de banda suelen estar más de 20 dB por debajo del límite.
Enlace punto a punto a 25 GHz	Figura 24	Los límites genéricos de las emisiones fuera de banda de la red de seguridad del servicio fijo que figuran en el anexo 12 de esta Recomendación se cumplen con un margen de unos 20 dB.	-	ETSI EN 302 217-2-2 , sección 4.2.4.2.1: El límite específico se cumple con un margen de al menos 10 dB.

3 Emisiones no esenciales

En el cuadro 2 se ofrece un resumen de la comparación de los resultados de las mediciones de varios sistemas digitales con los límites existentes relativos a las emisiones no deseadas en el dominio no esencial que figuran en la Recomendación UIT-R SM.329, la ERC/REC 74-01 y las normas pertinentes del ETSI.

Con excepción de las frecuencias armónicas de la Fig. 13 (equipo de usuario LTE800), los límites de la Recomendación UIT-R SM.3290 y de la ERC/REC 74-01 en el dominio no esencial suelen ser mejorados por un margen considerable de varias decenas de dB:

- Transmisor DAB (Fig. 6)
- Transmisor DVB-T (Fig. 7)
- Estación de base LTE800 (Fig. 9)
- Equipo de usuario LTE800 (Fig. 11)
- Equipo de usuario LTE a 2,3 GHz (Fig. 14)
- Estación de base GSM900 (Fig. 16)
- Estación de base UMTS (Fig. 20)
- RLAN (Fig. 22)
- Equipo de usuario WiMAX a 3,6 GHz (Fig. 23)
- Enlace punto a punto a 25 GHz (Fig. 25)

Las siguientes mediciones muestran que el nivel de emisiones no deseadas en el dominio no esencial no es constante a lo largo de la frecuencia, como se supone en la Recomendación UIT-R SM.329 y en las normas pertinentes del ETSI, en particular cuando se aplican filtros de salida:

- Transmisor DAB (Fig. 6)
- Estación de base LTE800 (Fig. 9)
- Equipo de usuario LTE800 (Fig. 11)
- Equipo de usuario LTE a 2,3 GHz (Fig. 14)
- Estación de base GSM900 (Fig. 16)
- Estación de base UMTS (Fig. 20)
- Enlace punto a punto a 25 GHz (Fig. 24)

Con un desplazamiento de frecuencia cada vez mayor, el nivel de las emisiones no esenciales disminuye continuamente. Los transmisores filtrados no suelen presentar emisiones no esenciales mensurables en los desplazamientos de más de cuatro veces la anchura de banda de la señal y, a veces, incluso en el límite del 250% (véase, por ejemplo, la Fig. 26). Sin embargo, generalmente se espera una respuesta parásita de la atenuación del filtro en las gamas de frecuencias cercanas a los armónicos de la frecuencia central.

Incluso los transmisores no filtrados muestran que las emisiones no esenciales dependen de la frecuencia. Una excepción puede ser una cresta en los armónicos; véase el equipo de usuario LTE800 en la Fig. 13, donde se muestra un ejemplo de emisiones no deseadas del equipo medido en la frecuencia del segundo armónico, pero incluso en ese caso la cresta está 1,5 dB por debajo del límite de la norma ERC/REC 74-01.

CUADRO 2

Comparación de los resultados de las mediciones de varios sistemas digitales con límites relativos a las emisiones no deseadas en el dominio no esencial

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/REC 74-01	Norma pertinente del ETSI
Transmisores DAB/DAB+	Figura 5 (transmisor DAB+) y Figura 6 (transmisor DAB)	Los transmisores DAB superan la categoría A (todos los servicios excepto los indicados a continuación) (figura 6).	Las emisiones no esenciales de los transmisores DAB/DAB+ filtrados con desplazamientos desde la frecuencia central por encima de unos 10 MHz y las emisiones armónicas están por debajo de la sensibilidad de medición y más de 57 dB por debajo de los límites de la norma ERC/REC 74-01.	-
Transmisores DVB-T	Figura 7		Debido al filtrado requerido, el nivel de las emisiones no deseadas incluso al principio del dominio no esencial (desplazamiento de 20 MHz) está por debajo de la sensibilidad de medición y al menos 30 dB por debajo del límite establecido en el cuadro 4.1 de la ERC/REC 74-01.	
Estación de base LTE800	Figura 9	Los niveles de las emisiones no esenciales están al menos 40 dB por debajo de los límites de la categoría B correspondientes al servicio móvil terrestre de la Recomendación UIT-R SM.329, del cuadro 2.1 de la norma ERC/REC 74-01 y de la norma EN 301 908-14 del ETSI, debido a los filtros de salida aplicados.		
Equipos de usuario LTE800	Figura 11	Ambos equipos de usuario mejoran los límites de la Recomendación UIT-R SM.329 (categoría B, servicio móvil terrestre), del cuadro 2.1 de la ERC/REC 74-01 y de la norma EN 301 908-13 del ETSI (Cuadro 4.2.4.1.2-2) en al menos 20 dB en esta configuración. Las emisiones no esenciales reales son inferiores a las indicadas debido a la limitación en la sensibilidad de medición disponible.		

CUADRO 2 (fin)

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/REC 74-01	Norma pertinente del ETSI
Equipos de usuario LTE2300	Figura 14	Las emisiones no esenciales correspondientes a los desplazamientos de frecuencias superiores ofrecen un rendimiento superior al límite de hasta 30 dB. Cabe señalar, sin embargo, que las mediciones en el dominio no esencial están limitadas por el rango dinámico del equipo de medición. Por consiguiente, las emisiones no deseadas de los dispositivos podrían ser incluso inferiores a las que se muestran en la Fig. 14.		
Estación de base GSM900	Figura 16	Fuera de la banda GSM asignada, el límite no esencial de la categoría B, de los sistemas móviles terrestres y de las estaciones de base, indicado en la Recomendación UIT-R SM.329 y en la norma ERC/REC 74-01, resulta mejorado en al menos 30 dB.	En particular, fuera de la banda GSM asignada, el nivel de las emisiones no deseadas está más de 25 dB por debajo del límite establecido en la norma TS 145 005 del ETSI debido al filtrado interno destinado a proteger los servicios adyacentes.	
Estación de base UMTS	Figura 20	Aunque transmite por el canal más alto y, por consiguiente, presenta el caso más crítico para cumplir los límites de las emisiones no esenciales, la estación mejora esos límites en aproximadamente 10 dB incluso al comienzo del dominio no esencial. En los desplazamientos superiores a 20 MHz, los límites se mejoran en al menos 30 dB. Las emisiones no esenciales reales de esos desplazamientos son incluso inferiores a las indicadas. La limitación es la sensibilidad de la medición.		
RLAN	Figura 22	Los límites se cumplen con un margen típico de 20 a 30 dB.		
Equipo de usuario WiMAX a 3,6 GHz	Figura 23	Aunque la medición solo cubre una pequeña gama de frecuencias con un desplazamiento muy alto, se observa que se mejoran los límites con un margen de al menos 40 dB.		
Enlaces punto a punto a 25 GHz	Figura 25	El límite de las emisiones no esenciales se cumple con un margen de más de 20 dB.		

4 Límite entre el dominio fuera de banda y el dominio no esencial

Con la excepción de algunos sistemas móviles públicos (normas 3GPP), en general, el límite entre el dominio fuera de banda y el dominio no esencial se define en el 250% de la anchura de banda de la señal (anchura de banda necesaria B_n). En el caso de los sistemas de banda ancha, el Reglamento de Radiocomunicaciones (del Anexo 1 al Apéndice 3) define un límite más restringido de $1,5 \cdot B_n$. No obstante, a menudo esta fórmula solo se aplica a los sistemas con una anchura de banda mayor que la que realmente se utiliza en la banda. Son ejemplos de ello:

- entre 30 MHz y 1 GHz, el límite a $1,5 B_n$ solo se aplica a $B_n > 10$ MHz. Las aplicaciones típicas como TETRA, DAB, DVB-T, GSM, UMTS y LTE tienen una anchura de banda menor;
- entre 1 GHz y 3 GHz, el límite reducido solo se aplica a $B_n > 50$ MHz. Casi todos los sistemas de esta gama, entre ellos los sistemas GSM, UMTS, DECT, LTE y RLAN, tienen una anchura de banda menor.

Por consiguiente, en todos los sistemas medidos del presente informe, el límite se sitúa en el 250% de la anchura de banda de la señal, con excepciones en las bandas del servicio móvil público, en las que a menudo el límite se define en relación con los bordes de la banda designada. Por ejemplo, en algunos sistemas IMT basados en una anchura de banda variable de los canales, actualmente se especifica, en el párrafo 2.6 de la Recomendación UIT-R M.2070, que el límite para las estaciones de base se encuentra 10 MHz más allá del borde de la banda operativa.

Las mediciones del presente informe muestran que las emisiones no deseadas basadas en la modulación, sobre todo en el caso de los sistemas de banda ancha, a menudo terminan en los desplazamientos muy inferiores al 250% de la anchura de banda. En particular, esta observación es válida en las estaciones de base de los sistemas filtrados, tales como los sistemas DAB (véase la Fig. 26), DVB-T (véase la Fig. 7) y GSM/UMTS/LTE (véanse las figuras 15 y 16 para GSM, la Fig. 19 para UMTS, las figuras 8 y 9 para las estaciones de base LTE800 y la Fig. 11 para los equipos de usuario LTE800).

5 Resumen

En este informe se proporcionan mediciones de un número limitado de muestras de equipos con diferentes tecnologías radioeléctricas. Se observa que las emisiones medidas suelen ser inferiores a los límites establecidos en las recomendaciones del UIT-R y en las normas del ETSI por un margen considerable de varias decenas de dB en el dominio no esencial, con excepción de las frecuencias armónicas. Esta conclusión tiene implicaciones importantes para los estudios de compartición y compatibilidad, que suelen basarse en el supuesto de que los equipos apenas cumplirían los límites establecidos en las normas.

No obstante, estos resultados deben justificarse estadísticamente, ya que las mediciones se han realizado en un número limitado de condiciones (tanto ambientales como de parámetros configurados) y en un número muy limitado de muestras de equipos.

A partir de los ejemplos presentados en este estudio, no se pretende imponer restricciones adicionales ni modificar los límites o fronteras de las recomendaciones actuales del UIT-R.

Referencias

- [1] Recomendación UIT-R SM.1541 – Emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda
- [2] ERC REC 74-01 (Siófok, 1998; Niza, 1999; Sesimbra 2002; Hradec Králové, 2005; Cardiff, 2011) – Emisiones no deseadas en el dominio no esencial
- [3] Recomendación UIT-R SM.329 – Emisiones no deseadas en el dominio no esencial
- [4] Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, edición de 2016
- [5] Recomendación UIT-R SM.1539 – Variación del límite entre los dominios de emisión fuera de banda y no esencial requerida para la aplicación de las Recomendaciones UIT-R SM.1541 y UIT-R SM.329
- [6] ETSI EN 301 908 – IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive
- [7] ETSI EN 301 908-3 v7.1.1 – IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 3: CDMA Direct Spread (UTRA FDD) Base Stations (BS)
- [8] ETSI EN 301 908-13 v7.1.1 (2015-12) – IMT cellular networks; Harmonised EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 13: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) User Equipment (UE)
- [9] ETSI EN 301 908-14 v7.1.1 – IMT cellular networks; Harmonised EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 14: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Base Stations (BS)
- [10] ETSI EN 301 908-18 v7.1.1 – IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 18: E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS)
- [11] Acuerdo de Ginebra, 2006 (GE-06): Acuerdo regional relativo a la planificación del servicio de radiodifusión digital terrenal en la Región 1 (partes de la Región 1 situadas al oeste del meridiano 170° E y al norte del paralelo 40° S, exceptuado el territorio de Mongolia) y en la República Islámica del Irán, en las bandas de frecuencias 174-230 MHz y 470-862 MHz (<https://www.itu.int/pub/R-ACT-RRC.14-2006/es>)
- [12] ETSI EN 302 077 v1.1.1 – Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the Terrestrial – Digital Audio Broadcasting (T-DAB) service; Part 1: Technical characteristics and test methods
- [13] ETSI EN 302 296 v1.1.1 – Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the digital television broadcast service, Terrestrial (DVB-T)
- [14] LTE User Equipment – Coexistence with 862-870 MHz, Ofcom, Septiembre de 2012: <http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/award-800mhz/statement/lte-coexistence.pdf>
- [15] Recomendación UIT-R M.2071 – Características genéricas de las emisiones no deseadas procedentes de estaciones móviles que utilizan las interfaces radioeléctricas terrenales de las IMT-Avanzadas
- [16] ETSI TS 145 005 v13.0.0 (2016-01) – Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio transmission and reception (3GPP TS 45.005 version 13.0.0 Release 13)
- [17] ETSI EN 300 175-2 v2.6.1 (2015-07) – Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT). Common Interface (CI); Part 2: Physical Layer (PHL)
- [18] ETSI TS 125 104 – Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Base Station (BS) radio transmission and reception (FDD)

- [19] ETSI EN 300 328 v1.9.1 – Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2.4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive
- [20] ETSI EN 302 217-2-2 v2.0.0 – Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas
- [21] ETSI EN 301 390 v1.3.1 – Fixed Radio Systems; Point-to-point and Multipoint Systems; Unwanted emissions in the spurious domain and receiver immunity limits at equipment/antenna port of Digital Fixed Radio Systems
- [22] Recomendación (02)05 del ECC – Emisiones no deseadas
- [23] ETSI EN 301 406 v1.5.1 – Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Harmonized EN for Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) covering the essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive; Generic radio
- [24] Declaración de coordinación de ECC PT1 a ETSI ERM RM y ERM/MSG TFES sobre los «límites de emisiones no esenciales de la categoría B de IMT 2000/UTRA», Doc. ECC PT1(06)184, Anexo 12
- [25] ETSI Technical Specification TS 136 521 – LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception
- [26] Informe UIT-R M.2292-0 – Características de los sistemas terrenales de las IMT-Avanzadas para los análisis de compartición de frecuencias/interferencia
- [27] Informe 174 del ECC – Compatibility between the mobile service in the band 2500-2690 MHz and the radiodetermination service in the band 2700-2900 MHz
- [28] IEEE 802.11-2012 – IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
- [29] ETSI EN 301 908-21 v5.2.1 – IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 21: OFDMA TDD WMAN (Mobile WiMAX) FDD User Equipment (UE)
- [30] Recomendación UIT-R M.1580 – Características genéricas de las emisiones no deseadas procedentes de estaciones de base que utilizan las interfaces radioeléctricas terrenales de las IMT-2000
- [31] Recomendación UIT-R M.1581 – Características genéricas de las emisiones no deseadas procedentes de estaciones móviles que utilizan las interfaces radioeléctricas terrenales de las IMT-2000
- [32] Recomendación UIT-R M.2070 – Características genéricas de las emisiones no deseadas procedentes de estaciones de base que utilizan las interfaces radioeléctricas terrenales de las IMT-Avanzadas
- [33] Recomendación UIT-R SM.1540 – Emisiones no deseadas en el dominio de las emisiones fuera de banda que caen dentro de las bandas atribuidas adyacentes
- [34] Directiva 2014/53/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014
- [35] 3GPP TS 36.211 v13.1.0 – Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation
- [36] ETSI EN 302 408 v8.0.1 – Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); GSM Cordless Telephony System (CTS), Phase 1; CTS-FP Radio subsystem
- [37] ETSI EN 301 502 v12.1.1 – Global System for Mobile communications (GSM); Harmonized EN for Base Station Equipment covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive
- [38] Recomendación UIT-R SM.328 – Espectros y anchuras de banda de las emisiones

Anexo 1

Proceso de medición y configuración

Índice

	<i>Página</i>
1 Configuración de tipo 1	13
2 Configuración de tipo 2	14
3 Configuración de tipo 3	15
4 Crestas y valores medios de las máscaras de espectro	16

En el presente Anexo se muestran las configuraciones típicas para la medición de emisiones fuera de banda y emisiones no esenciales. La configuración que se utilice dependerá del rango dinámico requerido del resultado y de si la emisión es pulsada o continua.

En las mediciones conducidas de los transmisores que no requieren un trayecto de retorno, la señal se obtiene directamente de la salida del transmisor, después de una atenuación adecuada (carga ficticia) o de una salida de medición (si se dispone de ella). En caso de que se aplique un filtrado de salida externo, el punto de medición se encuentra después del filtro.

En las mediciones conducidas de los transmisores que requieren un trayecto de retorno para funcionar y que no disponen de una salida de medición, la señal se toma de la salida de un acoplador direccional que se inserta en el trayecto de transmisión. Un inconveniente importante de este método es que la señal que debe medirse es atenuada por el acoplador direccional (normalmente 20 dB), lo que limita el nivel de detección de emisiones no deseadas, sobre todo en los dispositivos de muy baja potencia. Algunos sistemas permiten el acceso a la línea de transmisión antes del divisor Rx/Tx, que es entonces el punto de medición preferido.

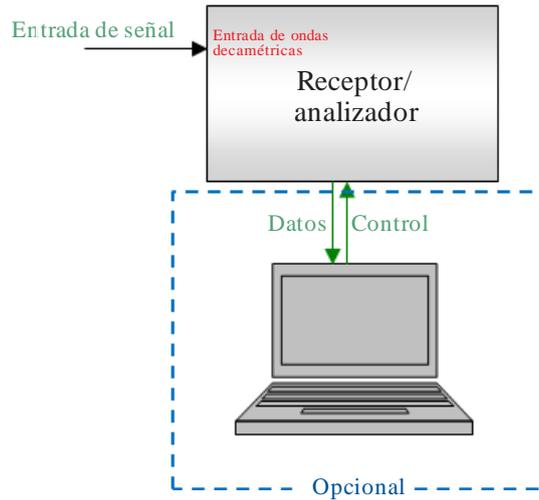
Los transmisores que no disponen de un puerto de antena deben medirse radiados, preferiblemente en una célula G-TEM con propiedades de RF conocidas.

En cuanto a las mediciones radiadas de los transmisores más grandes, la señal se toma de una antena de medición. En este caso, lo más importante es reunir la mayor cantidad posible de energía de RF y que la gama de frecuencias de interés esté libre de emisiones de otros transmisores. Ambas situaciones pueden abordarse utilizando una antena de alta directividad (y por lo tanto de alta ganancia) que apunte directamente a la antena transmisora a la distancia más corta posible.

1 Configuración de tipo 1

Si el rango dinámico requerido no es mayor que la diferencia entre el nivel máximo que el receptor de medición puede manejar sin sobrecargarse y su propio nivel de ruido, se puede utilizar la configuración más simple para señales continuas:

FIGURA 1
Configuración principal de medición de tipo 1



Informe SM.2421-01

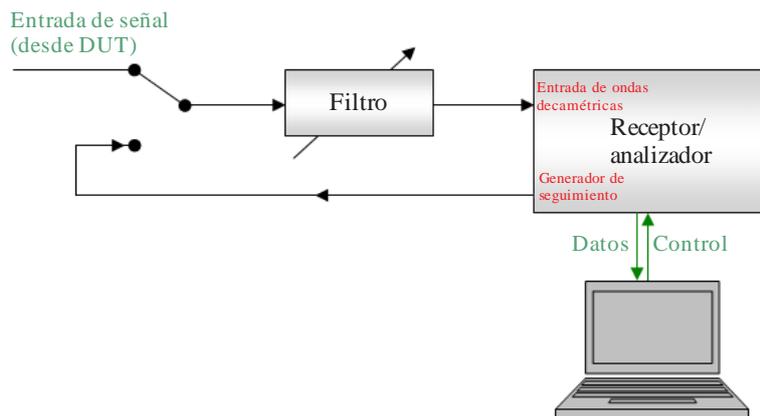
2 Configuración de tipo 2

Esta configuración puede utilizarse para señales continuas cuando el rango dinámico requerido del resultado supera la capacidad del receptor/analizador de medición.

Para mejorar el rango dinámico del receptor/analizador de medición, la señal deseada debe ser suprimida por un filtro (sintonizable). En primer lugar, se mide y registra el espectro filtrado en el canal o la frecuencia deseados, así como en el dominio fuera de banda o no esencial. En una segunda medición, utilizando la misma configuración de receptor/analizador, se mide y registra la atenuación (respuesta de frecuencia) del filtro. A continuación, mediante una aplicación informática (por ejemplo, Microsoft Excel), se añaden ambas curvas para conservar el espectro original de la señal. La medición es más eficiente si es controlada por una computadora.

Dependiendo de la aplicación, frecuencia y anchura de banda de la señal analizada, puede utilizarse un filtro de paso de banda o un filtro de supresión de banda. En el caso de las emisiones no esenciales, se prefiere un filtro de supresión de banda sintonizado con la frecuencia deseada, ya que permite medir todo el rango no esencial a la vez. En las mediciones fuera de banda también pueden utilizarse filtros de paso de banda sintonizados con la gama de frecuencias del dominio fuera de banda que se desea medir.

FIGURA 2
Configuración principal de medición de tipo 2

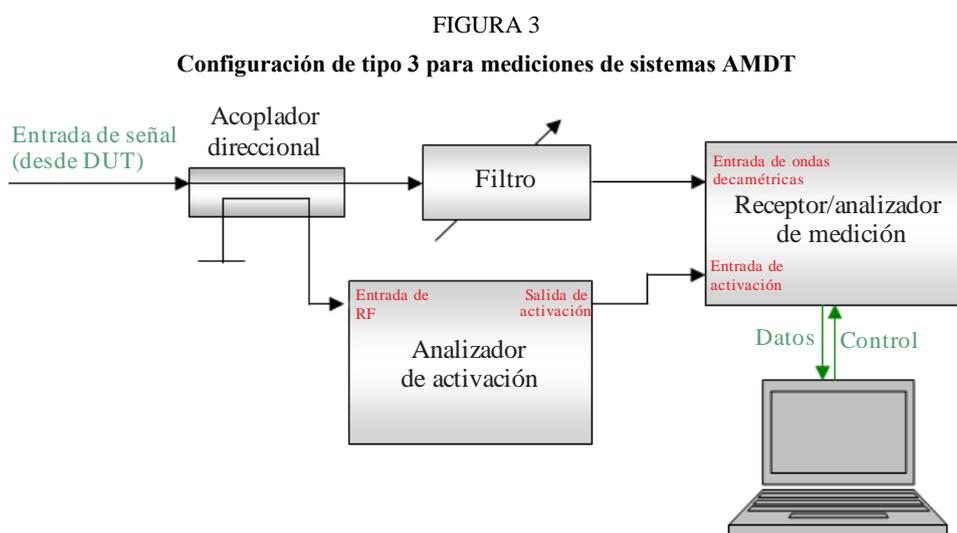


Informe SM.2421-02

3 Configuración de tipo 3

En cuanto a los sistemas AMDT que transmiten en ráfagas, los límites suelen aplicarse a los períodos en que el transmisor está encendido. A menos que en la recomendación pertinente se mencione específicamente el nivel de cresta, deberá medirse el nivel medio de ráfaga, que es el valor cuadrático medio solo durante la ráfaga. Esto se hace activando externamente el receptor de medición al inicio de la ráfaga y ajustando el tiempo de medición para que coincida con la duración de la ráfaga. El activador se deriva de un segundo analizador de espectro, que funciona en modo de intervalo cero y se sintoniza con la frecuencia deseada.

El proceso de medición es idéntico al de la configuración de tipo 2.



Informe SM.2421-03

Procesamiento de datos

La anchura de banda de medición se elige siempre de forma que sea igual o inferior a la anchura de banda de referencia indicada en la recomendación o norma pertinente. Especialmente en las proximidades de la cresta de las emisiones no esenciales y en el dominio fuera de banda próximo a la frecuencia deseada, es necesario utilizar una anchura de banda de medición estrecha porque, de lo contrario, el espectro medido se ampliaría indebidamente, lo que daría lugar a una sobreestimación del nivel no deseado.

Los niveles de señal (o densidades espectrales) tomados en la anchura de banda de medición seleccionada se convierten linealmente a los niveles o densidades de potencia correspondientes de las anchuras de banda de referencia mediante la siguiente fórmula:

$$P_{refBW} = P_{measBW} + 10 * \log_{10} \left(\frac{refBW}{measBW} \right)$$

donde

- P_{refBW} : nivel de señal en la anchura de banda de referencia
- P_{measBW} : nivel de señal en la anchura de banda de medición
- $refBW$: anchura de banda de referencia
- $measBW$: anchura de banda de medición

4 Crestas y valores medios de las máscaras de espectro

Si se establecieran límites para las emisiones no deseadas que no deban superarse en ningún momento, sería necesario medir las emisiones con un detector de crestas. No obstante, la referencia de 0 dB para las máscaras de espectro fuera de banda es, en la mayoría de los casos, la potencia total en el canal o una densidad de flujo de potencia en una anchura de banda de referencia determinada, que son valores cuadráticos medios.

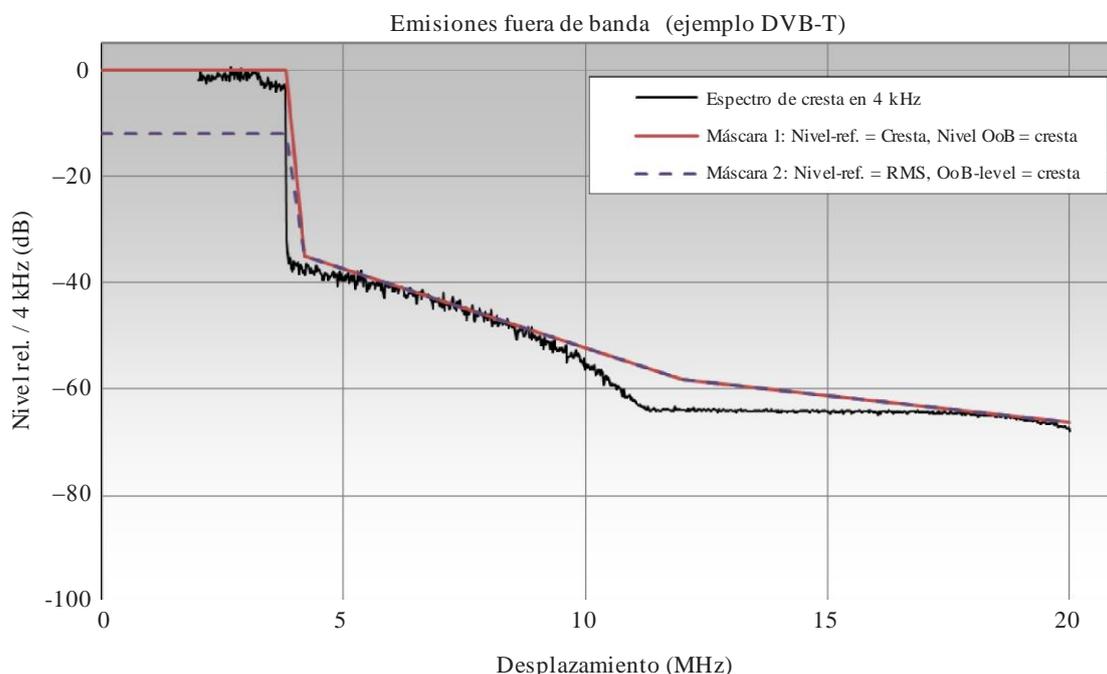
Mientras que en los receptores analógicos víctimas el potencial de interferencia de una emisión no deseada depende principalmente de su nivel de cresta, en los receptores digitales el potencial de interferencia está determinado por el valor cuadrático medio. Este extremo se ha comprobado mediante diversas mediciones realizadas en estudios de compatibilidad.

En los sistemas digitales, casi todas las emisiones no deseadas, así como la emisión deseada, son similares al ruido, lo que significa que normalmente hay una diferencia fija entre el valor cuadrático medio y el nivel de cresta de unos 13 dB. En estos sistemas sería posible definir valores cuadráticos medios o límites de cresta, ya que se podría calcular el otro nivel correspondiente. Entre las excepciones cabe mencionar los picos debidos a los armónicos o a la mezcla de productos.

No obstante, puede resultar útil considerar los sistemas caso por caso y definir tanto los niveles fuera de banda o no esenciales como el nivel de referencia de 0 dB sobre la misma base (ambos según el valor cuadrático medio o según el nivel de cresta) y adaptarlos al caso específico, ya que ello permitiría la comparación directa de un espectro medido con una máscara. En la Fig. 4 se muestra un ejemplo (emisiones fuera de banda DVB-T) en el que los límites fuera de banda de la máscara se definen siempre en niveles de cresta. La máscara 1 es la densidad espectral de cresta en la anchura de banda de referencia de 4 kHz. Esta máscara puede compararse directamente con el espectro fuera de banda medido. En la máscara 2, sin embargo, el nivel de referencia de 0 dB es la potencia espectral del valor cuadrático medio en 4 kHz. En este caso hay una diferencia de aproximadamente 13 dB entre la densidad espectral medida en el canal y la referencia de 0 dB de la máscara.

FIGURA 4

Diferentes definiciones de máscara: un ejemplo (emisiones fuera de banda DVB-T)



En muchos casos, el nivel de referencia de una máscara de espectro es la potencia de la portadora no modulada. En los sistemas digitales, la portadora nunca está sin modulación y, por lo tanto, no puede medirse directamente. En lugar de ello, la potencia total en el canal de la señal modulada puede ser el valor cuadrático medio medido, ya que este valor es igual a la potencia de una portadora no modulada. Sin embargo, la anchura de banda de referencia para esta medición debe ser la anchura de banda ocupada de la señal, que puede ser diferente de la anchura de banda de referencia correspondiente a las emisiones no deseadas. En estos casos, una máscara de espectro comparada con un espectro medido no tiene una línea de referencia en el canal. En el ejemplo de la Fig. 4, faltaría la línea horizontal entre 0 MHz y 4 MHz de desplazamiento, y el nivel de referencia de 0 dB sería desplazado por la diferencia resultante de la corrección de la anchura de banda (en el caso del sistema DVB-T: $10 \cdot \log_{10}(8 \text{ MHz}/4 \text{ kHz})=23 \text{ dB}$).

Anexo 2

Mediciones de las emisiones no deseadas de sistemas digitales comunes

Índice

	<i>Página</i>
1 Consideraciones generales.....	18
2 DAB/DAB+	19
3 DVB-T	22
4 Estaciones de base LTE800.....	25
5 Equipo de usuario LTE800.....	28
6 Equipo de usuario LTE2300.....	35
7 Estación de base GSM900.....	37
8 DECT.....	40
9 Estaciones de base UMTS 2100	44
10 Dispositivos RLAN en la banda de 2,4 GHz.....	47
11 WIMAX 3.6 GHz EU.....	50
12 Enlaces punto a punto de 25 GHz	51
13 Sistemas con o sin filtrado.....	54
14 Emisiones transitorias en sistemas digitales por impulsos	56
15 Emisiones no deseadas de banda estrecha y banda ancha.....	58

1 Consideraciones generales

En la presente sección se muestran los resultados de mediciones de emisiones no deseadas (dominio fuera de banda (OoB) y no esencial) procedentes de diversos sistemas digitales comunes. Las mediciones se han realizado con determinados equipos de muestra que puede que no representen a todos los equipos existentes.

Para poder realizar una comparación inmediata, en las figuras se muestran los límites relevantes junto con las mediciones. Cuando los límites se definen como niveles de potencia absolutos, estos se vuelven a calcular para obtener valores relativos utilizando el mismo nivel de potencia de referencia en la portadora transmitida y para los espectros medidos. Cuando los límites se definen como densidad espectral de potencia en anchos de banda diferentes al ancho de banda de medición, los espectros medidos se convierten en el ancho de banda de referencia utilizando una ventana corregida de integración. Para poder comparar más fácilmente el espectro medido con las líneas de límites OoB, estas se dibujan a partir de 0 MHz de desplazamiento de la frecuencia central como líneas de referencia para indicar la densidad espectral de potencia relativa dentro de la banda.

En cada figura se muestra el límite OoB de referencia (por ejemplo, máscara de espectro) obtenido a partir de la norma pertinente. Cuando está disponible también se incorpora el límite de «red de seguridad» de la Recomendación UIT-R SM.1541 para el servicio en cuestión para comparar con el límite normalizado efectivo más estricto.

Cabe mencionar que la sensibilidad de medición puede variar en los diferentes diagramas y que no se conocerá exactamente. Así, los espectros parecen finalizar a veces con un gradiente (casi) horizontal, que es en realidad el ruido de fondo del receptor de medición y no emisiones no deseadas procedentes del transmisor. Esto ocurre principalmente con los transmisores con un filtro en la salida que limitan las emisiones no deseadas para cumplir ciertos requisitos de sistema (por ejemplo, proteger la banda de recepción correspondiente). Esos sistemas casi nunca muestran emisiones medibles de desplazamientos mayores en el dominio no esencial. Téngase en cuenta que, en algunas figuras, la anotación «ruido de receptor» debería leerse como «ruido de fondo de analizador de espectro».

Para obtener aclaraciones sobre cuándo deben utilizarse casos puntuales o promedio de máscaras de espectro, consulte el Anexo 1, § 4.

2 DAB/DAB+

El sistema OFDM es uno de los posibles sucesores digitales del sistema de radiodifusión sonora analógica. Los parámetros RF pertinentes son iguales en los sistemas DAB y DAB+:

- Modulación: OFDM con 1 736 portadoras activas
- Ancho de banda de transmisión: 1,536 MHz
- Potencia de transmisión: 780 W = 28,9 dBW (salida Tx), 10 kW (p.r.a.)
- Filtro de salida Tx: Sí
- El dominio OoB finaliza en: 3,84 MHz (250% del ancho de banda necesario).

2.1 Emisión fuera de banda

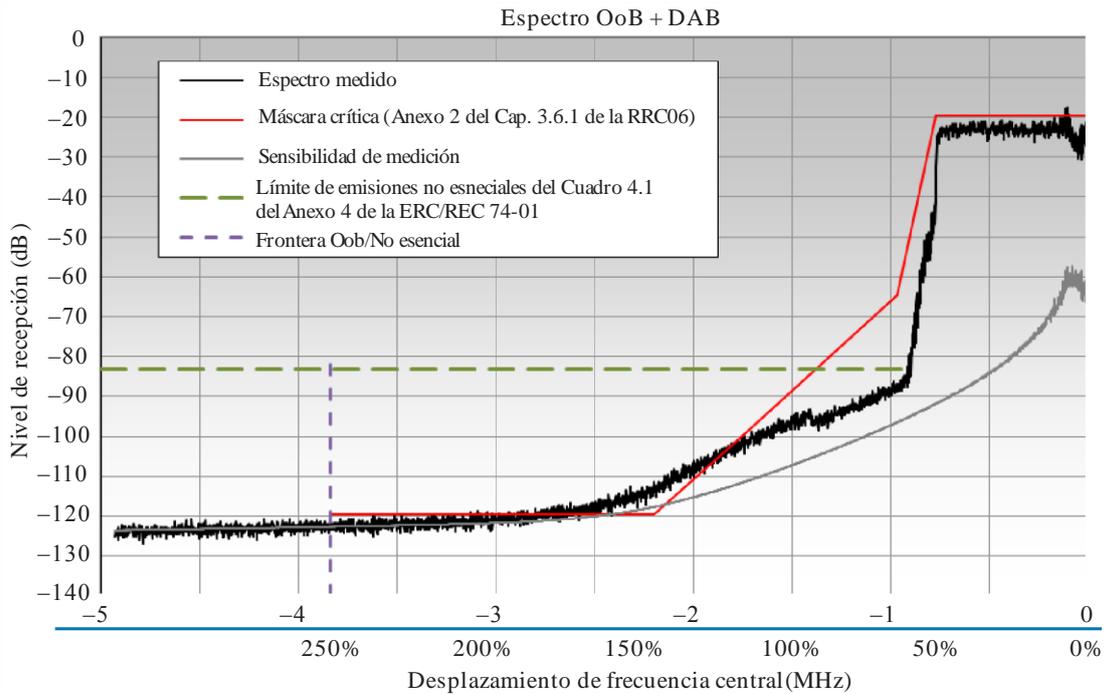
En la Fig. 5 se muestran medidas de un transmisor DAB+ con los límites pertinentes.

Una de las máscaras definidas en el Acuerdo Especial GE-06 (Fig. 3-2 y su Cuadro 3-10 asociado) presenta el límite del espectro de señal radiada fuera de banda en cualquier banda de 4 kHz. La frecuencia central del transmisor fue de 174,928 MHz, que es el bloque más inferior en la banda de VHF. Así pues, se utilizó la máscara más crítica como referencia de las medidas de la banda lateral inferior.

Las mediciones se realizaron en el puerto de antena del transmisor con una anchura de banda de resolución de 3 kHz. La máscara de espectro del GE-06 tiene un ancho de banda de referencia original de 4 kHz. Se convirtió en una máscara de espectro de 3 kHz; la máscara resultante se muestra en la Fig. 5.

A modo de información, el límite pertinente para las emisiones no esenciales de la ERC/REC 74-01 también se muestra en la Fig. 5.

FIGURA 5
Mediciones OoB desde un transmisor DAB+



Informe SM.2421-05

Como los niveles medidos de emisiones espectrales en desplazamientos superiores a 2,5 MHz están muy cerca del nivel de sensibilidad del equipo de medición, solo puede decirse que los niveles efectivos de las emisiones OoB superiores a este desplazamiento son inferiores a la máscara crítica (más estricta) del Acuerdo Especial GE-06. Con todo, y debido a la gama dinámica limitada de las mediciones, no fue posible determinar en qué medida las emisiones del transmisor eran inferiores a la máscara crítica. La sensibilidad efectiva del sistema utilizada en la medición se situó entre -115 y -120 dBm en el desplazamiento de frecuencia de 2,2 MHz.

Observación de la Fig. 5:

- Puede verse que se infringe la máscara crítica alrededor del desplazamiento de 2,2 MHz pero es difícil determinar por qué, dada la limitación de la sensibilidad del equipo de medición.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.1541	RRC06
Transmisor DAB+	Figura 5		Puede verse que se infringe la máscara crítica alrededor del desplazamiento de 2,2 MHz pero es difícil determinar por qué, dada la limitación de la sensibilidad del equipo de medición.

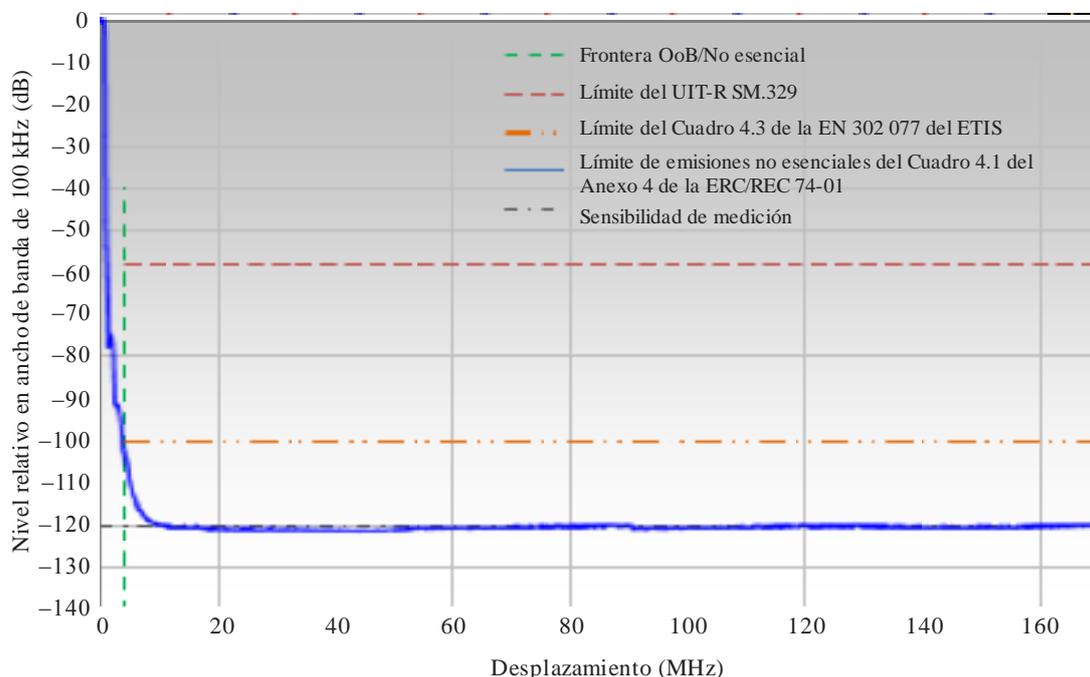
2.2 Emisión no esencial

Como se ha mencionado anteriormente, los transmisores DAB/DAB+ tienen siempre filtros de salida para limitar las emisiones no deseadas. Las medidas tomadas en diversos transmisores DAB en Alemania muestran que no pueden detectarse emisiones no deseadas en el dominio no esencial para

desplazamientos de alta frecuencia de la frecuencia central y las emisiones armónicas por encima del ruido de fondo del sistema de medición.

En la Fig. 6 se muestran las medidas de las emisiones no esenciales de un transmisor DAB (en azul oscuro) y los límites normativos pertinentes.

FIGURA 6
Emisiones no esenciales de un transmisor DAB (en la línea azul)



Informe SM.2421-06

Comparación con las medidas en los límites normativos:

- En la Recomendación UIT-R SM.329 no figuran límites concretos de emisiones no esenciales de DAB en la categoría B (Europa). Así pues, se utiliza el límite de la categoría A «todos los servicios excepto los mencionados a continuación».
- La medición se realizó en el puerto de antena de un transmisor DAB con 780 W de potencia de salida (10 kW p.r.a). El límite de emisiones no esenciales de la categoría A «todos los servicios excepto los mencionados a continuación» de la Recomendación UIT-R SM.329 en 100 kHz es de 70 dBc. Como la Fig. 6 se ha normalizado al nivel espectral dentro de la banda en el ancho de banda de 100 kHz, ese límite se convirtió en una atenuación relativa de $70 \text{ dBc} - 10 \cdot \log_{10}(1\ 536/100) = 58,2 \text{ dBc}$. En el Anexo 4, Cuadro 4.1, de la ERC/REC 74-01 se especifica un límite de 75 dBc para transmisores con una potencia de salida de entre 8 y 800 W, con un ancho de banda de referencia de 100 kHz. Esto conduce a una densidad espectral de potencia dentro del canal en 100 kHz; el límite estaría en $75 \text{ dBc} - 10 \cdot \log_{10}(1\ 536/100) = 63,2 \text{ dBc}$.
- En el Cuadro 4.3 [12] de la EN 302 077-1 del ETSI, se define un límite relativo de 126 dBc en un ancho de banda de referencia de 4 kHz para una potencia media de salida de transmisor de entre 25 y 1000 W. Como la Fig. 6 se ha normalizado al nivel espectral dentro de la banda en el ancho de banda de 100 kHz, ese límite se convierte en una atenuación relativa de $126 \text{ dBc} - 10 \cdot \log_{10}(1\ 536/4) = 100,2 \text{ dBc}$.

Observaciones de las Figs. 5 y 6:

- La supresión relativa de las emisiones no esenciales con respecto a la potencia de la portadora cerca de la frontera OoB es aproximadamente de 100 dB (véanse también los desplazamientos inferiores $-3,84$ MHz en la Fig. 5 siguiente);
- Las emisiones no esenciales de transmisores DAB/DAB+ filtrados con desplazamientos de la frecuencia central superiores a unos 10 MHz y las emisiones armónicas son inferiores a la sensibilidad de medición y superiores a 57 dB por debajo de los límites de la ERC/REC 74-01;
- La máscara OoB alcanza el límite de emisión no esencial de la ERC/REC 74-01 en desplazamientos de aproximadamente 1,4 MHz o 90% del ancho de banda de la señal (véase la Fig. 5).

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01
Transmisores DAB/DAB+	Figura 5 (transmisor DAB+) y Figura 6 (transmisor DAB)	La categoría A «todos los servicios excepto los mencionados a continuación» se ven superados por los transmisores DAB (Fig. 6).	Las emisiones no esenciales de transmisores DAB/DAB+ filtrados con desplazamientos de la frecuencia central superiores a unos 10 MHz y las emisiones armónicas son inferiores a la sensibilidad de medición y superiores a 57 dB por debajo de los límites de la ERC/REC 74-01.

3 DVB-T

Se trata del sistema de televisión terrenal digital utilizado en Europa. Para proteger los canales adyacentes y/o los servicios de radiocomunicaciones, los límites OoB de la Recomendación UIT-R SM.1541 se consideraron insuficientes. Por ese motivo, se definieron límites más estrictos en el Acuerdo GE-06. Para cumplir esos requisitos, los transmisores DVB-T deben estar siempre equipados con filtros limitadores de banda tras la fase de amplificación final.

Los parámetros del sistema DVB-T medido son:

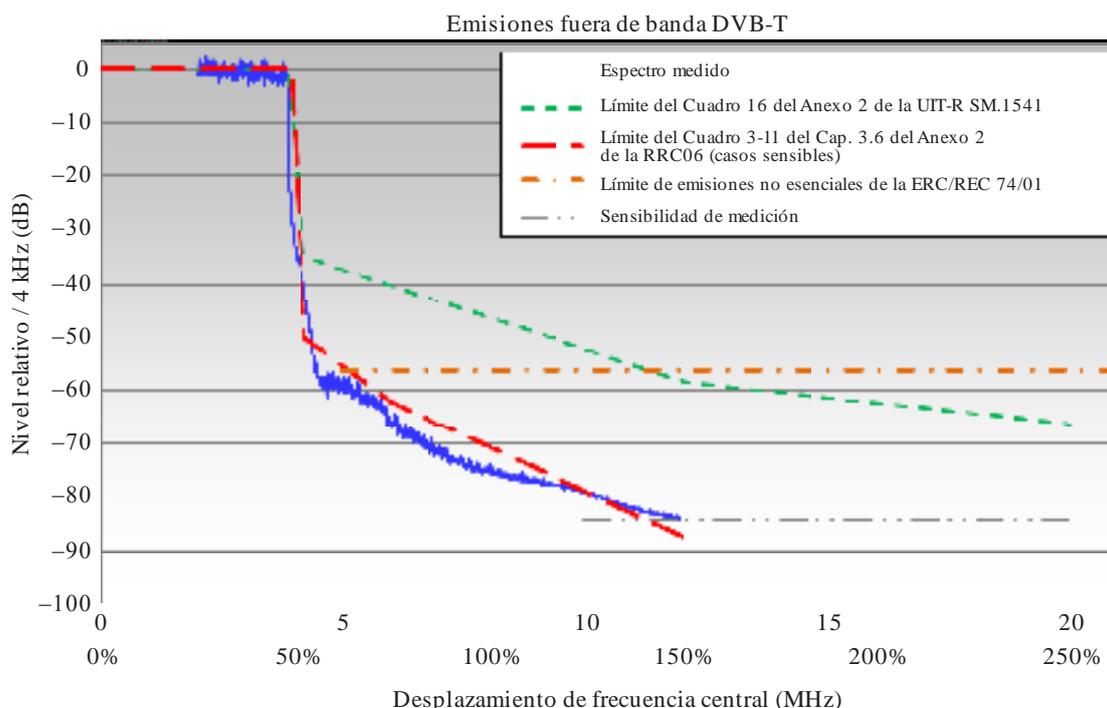
Modulación:	8k OFDM con 6 817 portadoras activas
Ancho de banda:	7,61 MHz
Potencia de transmisión:	1 kW (salida Tx), 10 kW p.r.a.
Filtro de salida Tx:	Sí
El dominio OoB finaliza en:	20 MHz (véase la Recomendación UIT-R SM.1541 Anexo 6, § 2.2.1).

Para explicaciones adicionales, véase también el Anexo 1, § 4.

3.1 Emisión fuera de banda

Las mediciones se realizaron en el alimentador de antena con un ancho de banda de medición de 7,5 kHz y se presentan en la Fig. 7 con un ancho de banda de referencia de 4 kHz. Los niveles medidos se normalizan a la densidad espectral de potencia dentro de la banda en un ancho de banda de 4 kHz. En la Recomendación UIT-R SM.1541 se especifican los límites relativos para todo el rango OoB. Para proteger los servicios de radiocomunicaciones en bandas adyacentes, el filtro de salida del transmisor sobre el que se realizan las mediciones cumple la máscara más estricta del GE-06, Capítulo 3.6, Cuadro 3-11 para casos sensibles. Cabe mencionar que en la mayoría de los casos se aplica la máscara de espectro RRC06 no crítica.

FIGURA 7
Mediciones OoB de transmisores DVB-T



Informe SM.2421-07

Observación de la Fig. 7:

- Las emisiones OoB solo podrían medirse hasta el nivel de punto crítico de la máscara de GE-06 a 12 MHz. Las emisiones OoB de desplazamientos de frecuencias superiores están por debajo de esta máscara de máxima exigencia pero no pueden cuantificarse debido a la sensibilidad de medición limitada.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.1541	RRC06
Transmisores DVB-T	Figura 7	DVB-T supera estos límites por ~20 dB o más.	Ajuste adecuado

3.2 Emisión no esencial

Comparación con límites normativos:

- El Acuerdo GE-06 no contiene ningún límite para emisiones no esenciales.
- Como en la Recomendación UIT-R SM.329 no figuran valores concretos para DVB-T, pueden utilizarse los límites de la Categoría general A para transmisores de «radiodifusión de televisión». Se establece un límite de $46 \text{ dB} + 10 \cdot \log_{10}(P/W)$ o 60 dBc, el que sea menos exigente, pero sin exceder 12 mW (10,8 dBm). Para transmisores con más de 50 W de potencia de salida, la atenuación de 60 dBc en el ancho de banda de 100 kHz es pertinente; para los transmisores con más de 12 kW, la atenuación requerida es de $19 \text{ dB} + 10 \cdot \log_{10}(P/W)$.
- En el Cuadro 4.1 de la ERC/REC 74-01 se especifica un límite de emisiones no esenciales de -16 dBm en el ancho de banda de 100 kHz para un transmisor con una potencia media a la salida 1 kW en el puerto de antena.
Con la potencia de salida de 59 dBm en un ancho de banda de 8 MHz, este límite conduce a una atenuación relativa de $59 \text{ dBm} - 10 \cdot \log_{10}(8\ 000/100) - (-16 \text{ dBm}) = 56 \text{ dB}$. El límite se muestra en la Fig. 7.
- En la norma pertinente del ETSI, EN 302 296 [13], se especifican límites de emisiones no esenciales más exigentes que los de la Recomendación UIT-R SM.329. Por ejemplo, para potencias de salida de transmisores superiores a 1 kW, el límite en esta norma del ETSI es de -36 dBm en un ancho de banda de 100 kHz (400-790 MHz y 862-1 000 MHz), lo que da como resultado una atenuación relativa superior a 96 dBc.

Como se ha mencionado anteriormente, los transmisores DVB-T siempre tienen filtros de salida para cumplir los requisitos del Acuerdo GE-06. El punto más crítico es el desplazamiento de 12 MHz donde tiene que alcanzarse el nivel OoB inferior. En la frontera entre el dominio no esencial y el dominio fuera de banda a 20 MHz, el filtro de salida reduce aún más las emisiones no deseadas muy por debajo de cualquier límite. En consecuencia, no habrá emisiones no esenciales o armónicas por encima de la sensibilidad de medición. Las mediciones realizadas en Alemania por BNetzA muestran que la densidad espectral de las emisiones no deseadas de DVB-T en el dominio no esencial se atenúa en más de 100 dB, en comparación con la densidad espectral de potencia de referencia dentro de la banda en el mismo ancho de banda.

Observaciones de la Fig. 7:

- Debido al requisito de filtrado, el nivel de emisión no deseado incluso al inicio del dominio no esencial (desplazamiento de 20 MHz) está por debajo de la sensibilidad de medición y al menos 30 dB por debajo del límite del Cuadro 4.1 de la ERC/REC 74-01.
La máscara OoB del GE-06 ya alcanza el límite de emisión no esencial del Cuadro 4.1 de la ERC/REC 74-01 en desplazamientos de frecuencia de 5 MHz o 62% del ancho de banda de señal.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01
Transmisores DVB-T	Figura 7		Debido al requisito de filtrado, el nivel de emisión no deseado incluso al inicio del dominio no esencial (desplazamiento de 20 MHz) está por debajo de la sensibilidad de medición y al menos 30 dB por debajo del límite del Cuadro 4.1 de la ERC/REC 74-01.

4 Estaciones de base LTE800

Muchos proveedores de redes ya están aplicando la cuarta generación de normas sobre comunicaciones móviles (LTE). 3GPP TS 36.211 permite que muchos parámetros de RF sean flexibles, incluido el ancho de banda RF. Las mediciones se realizaron en diversas estaciones de base LTE800 de diferentes fabricantes. Los parámetros RF fundamentales de las estaciones de base medidas son:

Gama de frecuencias:	796 MHz para Tx1 y Tx2, 816 MHz para Tx3
Modulación:	OFDM
Ancho de banda:	10 MHz
Potencia de transmisión:	Salida Tx 46 dBm (40 W), 60,5 dBm (1122 W) p.i.r.e.
Filtro de salida Tx:	Ninguno para los transmisores 1 y 3; el transmisor 2 tiene un filtro externo adicional para cumplir los requisitos de protección DVB-T (en la práctica se midió la banda lateral inferior de Tx2 y el resultado se reflejó en la frecuencia central para la banda lateral superior para poder realizar una comparación directa con el resultado de Tx1 y Tx3 en una gráfica).
El dominio OoB finaliza:	Para Tx1, en 35 MHz, y para Tx2 y Tx3, en 15 MHz de desplazamiento de la frecuencia central.

Aunque no se aplicaron filtros de salida externos a Tx1 ni a Tx3, los dos transmisores tenían filtros internos para limitar las emisiones no esenciales fuera de la banda de enlace descendente atribuida para proteger a sus propios receptores en la banda de enlace ascendente (832 a 862 MHz).

Las mediciones se realizaron en un número limitado de equipos de muestra y puede que el rendimiento del caso más desfavorable se desvíe notablemente de los resultados mostrados debido a la naturaleza dinámica inherente a los sistemas 3GPP LTE. Además, la configuración de bloque de recursos específica durante las mediciones no siempre se conocía.

4.1 Emisión fuera de banda

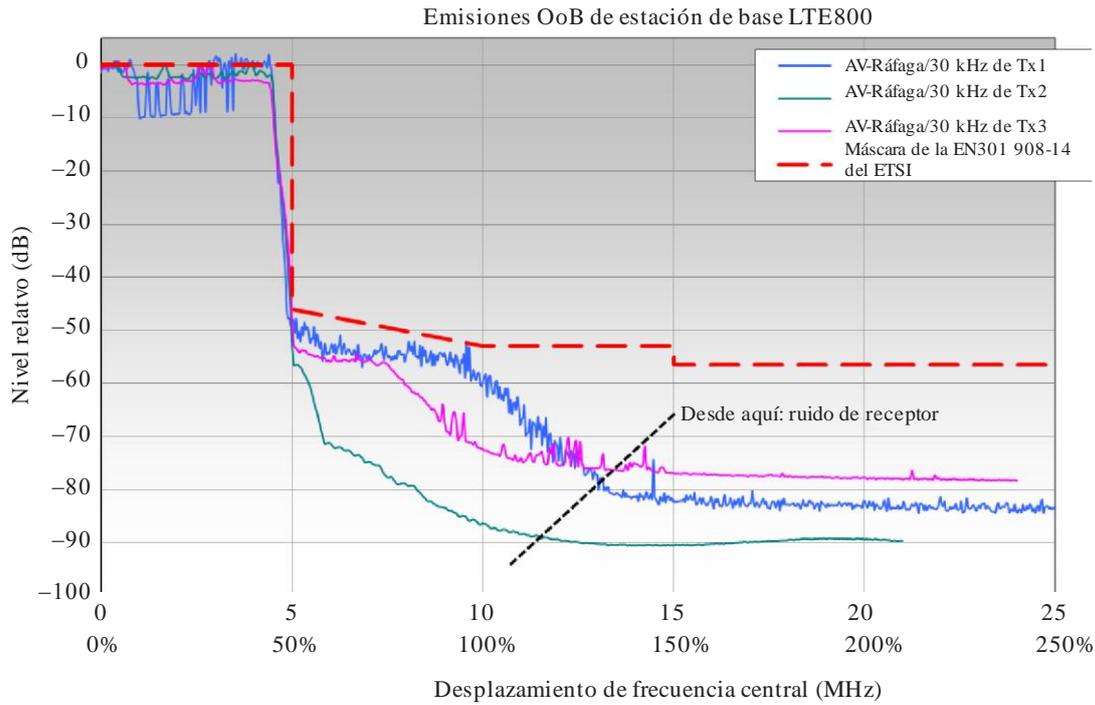
El sistema transmite en ráfagas de diferente longitud y ancho de banda, dependiendo del tráfico y la configuración de la estación de base. Las mediciones se realizaron mientras las estaciones de base estaban en modo prueba utilizando todos los bloques de recursos disponibles y, por lo tanto, simulando las máximas emisiones de banda lateral. Los anchos de banda medidos se situaron entre 30 y 100 kHz. La potencia de salida del transmisor de las tres estaciones de base fue $40 \text{ W} = 16 \text{ dBW} = 46 \text{ dBm}$. La potencia radiada fue de 60,5 dBm.

Como en la Recomendación UIT-R SM.1541 no figura información sobre los límites OoB para esta clase de aplicación, se muestran las máscaras del Cuadro 4.2.2.2.3-3 de la EN 301 908-14 del ETSI en la Fig. 8 a modo de referencia.

Los niveles de los límites y los valores medidos se convirtieron en un ancho de banda de 30 kHz y se normalizaron.

Los valores que aparecen a la derecha de la línea discontinua negra en la Fig. 8 muestran las limitaciones técnicas debidas al ruido del receptor.

FIGURA 8
Emisiones OoB de estaciones de base LTE800



Informe SM.2421-08

Observación de la Fig. 8:

- Incluso si no se aplican filtros externos (véase Tx1 y Tx3), las emisiones OoB más allá de un desplazamiento de unos 15 MHz (150% ancho de canal) ya son suprimidas por 80 dB, o de 20 dB por debajo del límite (véase también la Fig. 27, banda lateral superior).
- Con todo, cabe indicar que Tx1 solo cumple la máscara a desplazamientos inferiores (<10 MHz) y esto podría cambiar si se aumentase el tiempo de medición.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.1541	Cuadro 4.2.2.2.3-3 de la EN 301 908-14 del ETSI
Estaciones de base LTE800	Figura 8	No hay información sobre los límites OoB para esta clase de aplicación en la Recomendación.	Incluso si no se aplican filtros externos, las emisiones OoB más allá de un desplazamiento de unos 15 MHz (150% ancho de canal) ya son de 20 dB por debajo del límite. Con todo, solo una de esas señales cumple la máscara a desplazamientos inferiores (<10 MHz) y esto podría cambiar si se aumentase el tiempo de medición.

4.2 Emisión no esencial

Comparación con límites de reglamentación:

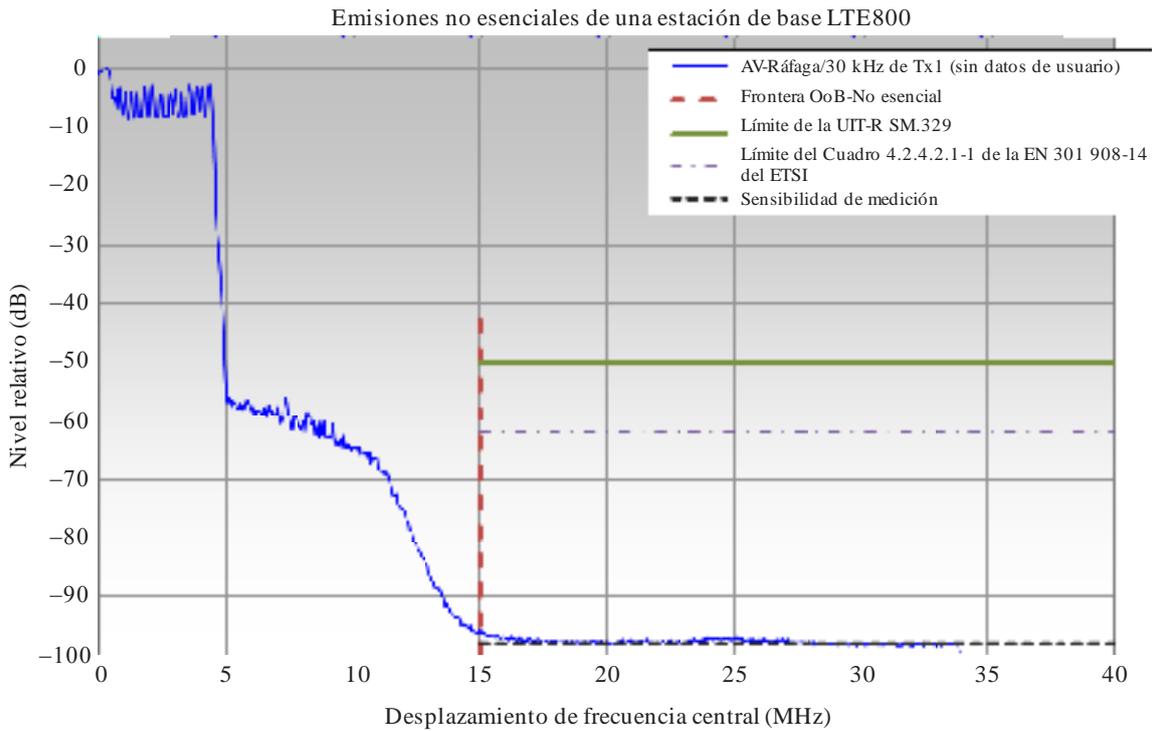
- Como en la Recomendación UIT-R SM.329 (Cat. B) no figuran valores concretos para los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha inferiores a 1 GHz, en la Fig. 9 se muestra el límite de Categoría B general para el servicio móvil terrestre de -36 dBm en ancho de banda de 100 kHz a modo de referencia.
- En la Sección 4.2.4.2.1 de la norma pertinente del ETSI, EN 301 908-14, y en el Cuadro 2.1 de la ERC/REC 74-01 también se fija el límite de emisiones no esenciales de -36 dBm en un ancho de banda de 100 kHz (la medición se realizó en la salida del transmisor). Este límite debe utilizarse como referencia para una potencia dentro de la banda total de $40\text{ W} = 46$ dBm en 10 MHz, lo que corresponde a una densidad espectral de potencia dentro de la banda de $46\text{ dBm} - 10\log_{10}(10\,000/100) = 26$ dBm en un ancho de banda de 100 kHz. La atenuación relativa resultante de emisiones no esenciales es por lo tanto de $26\text{ dBm} - (-36\text{ dBm}) = 62$ dB.

Como se ha visto en las mediciones OoB, el nivel de las emisiones que se muestra en la Fig. 8 ya está por debajo de la sensibilidad del sistema de medición en la frontera del dominio no esencial. Como todas las estaciones de base LTE tienen al menos filtros internos para proteger sus propias bandas de recepción, no pudieron detectarse emisiones no esenciales en ningún otro desplazamiento de frecuencia.

En la Fig. 9 se muestran medidas realizadas en la salida del transmisor de una estación de base LTE que opera a 796 MHz. La estación de base se ha configurado para transmitir con una potencia máxima, aunque no todos los bloques de recursos se han atribuido a los datos de usuario. El modo operacional cuando la estación de base transmite a la máxima potencia y todos los bloques de recursos están atribuidos a datos de usuario puede generar un nivel superior de emisiones no deseadas y denominarse «caso más desfavorable».

Teniendo en cuenta los principios descritos en § 3.2, el dominio no esencial comienza en un desplazamiento de 15 MHz (representado con la línea roja discontinua en la Fig. 9 a continuación).

FIGURA 9
Emisiones de una estación de base LTE800



Informe SM.2421-09

Observaciones de la Fig. 9:

- Las señales moduladas ya desaparecen por debajo de la sensibilidad de medición con un desplazamiento de unos 15 MHz (150% de ancho de banda).
- Los niveles de emisiones no esenciales son de al menos 40 dB por debajo de los límites de la Categoría B para el servicio móvil terrestre en la Recomendación UIT-R SM.329, el Cuadro 2.1 de la ERC/REC 74-01 y la EN 301 908-14 del ETSI debido a los filtros de salida aplicados.
- Aunque la estación no se operó en el modo de «caso más desfavorable», puede verse que el filtro de salida tiene el máximo efecto con desplazamientos por encima de 12 MHz, aunque el dominio no esencial comienza en un desplazamiento de 25 MHz.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
Estaciones de base LTE800	Figura 9	Los niveles de emisiones no esenciales son de al menos 40 dB por debajo de los límites de la Categoría B para el servicio móvil terrestre en la Recomendación UIT-R SM.329, el Cuadro 2.1 de la ERC/REC 74-01 y la EN 301 908-14 del ETSI debido a los filtros de salida aplicados.		

5 Equipo de usuario LTE800

Los equipos de usuario de LTE800 pueden ser módems instalados en casas con antenas internas o externas, o teléfonos inteligentes. Durante las conexiones activas, el equipo de usuario siempre transmite un canal de control con un ancho de banda de 180 kHz. El planificador en la estación de base asigna una parte adicional del ancho del canal durante determinados tiempos al móvil para

transmitir datos de usuario. Esto da como resultado un ancho de banda de la señal del equipo de usuario en constante cambio, dependiendo de la situación del tráfico. Además, con el control de potencia se ajusta constantemente la potencia de salida del equipo de usuario de modo que la señal puede recibirse en la estación de base.

Las mediciones se realizaron en diversos equipos de usuario LTE800 de diferentes fabricantes. Se admite que, idealmente, debería analizarse un número estadísticamente representativo de muestras de equipo/diseños de referencia para obtener modelos estadísticos del rendimiento de los dispositivos móviles utilizados en la práctica. Por razones prácticas, las mediciones se realizan en un número limitado de equipos de muestra y puede que el rendimiento del caso más desfavorable se desvíe notablemente de los resultados mostrados debido a la dinámica inherente a los sistemas 3GPP LTE. Por ejemplo, la configuración LTE utilizada (es decir, el número de bloques de recursos, dónde se sitúan estos en el tiempo/frecuencia, etc.) no siempre se especifica. Incluso una «carga total» en la que el equipo de usuario transmita con todos los bloques de recursos posibles a máxima potencia no da como resultado necesariamente el máximo de emisiones no deseadas, motivo por el que en las normas del ETSI utilizadas para pruebas de conformidad, el equipo debe ser operado en un número diferente de configuraciones, ninguna de las cuales puede producir emisiones no deseadas superiores al límite¹. Con todo, los resultados de medición pueden proporcionar datos valiosos para estudios de compatibilidad y para su divulgación.

Los parámetros RF fundamentales de los equipos de usuario medidos son:

Gama de frecuencias:	832 MHz – 862 MHz
Modulación:	SC-AMDF
Ancho de banda:	180 kHz a 10 MHz
El dominio OoB finaliza en:	Desplazamiento 20 MHz de la frecuencia central (véase el Cuadro 4.2.4.1.2-1 de la EN 301 908-13 del ETSI).
Potencia de transmisión:	Hasta 23 dBm (200 mW) p.i.r.e.
Filtro de salida Tx:	Ninguno

Aunque no se aplicaron filtros de salida externos, hay algunos filtros internos para limitar las emisiones no esenciales fuera de la banda de enlace descendente atribuida para proteger a sus propios receptores que operan en la banda 791 a 821 MHz, o servicios adyacentes.

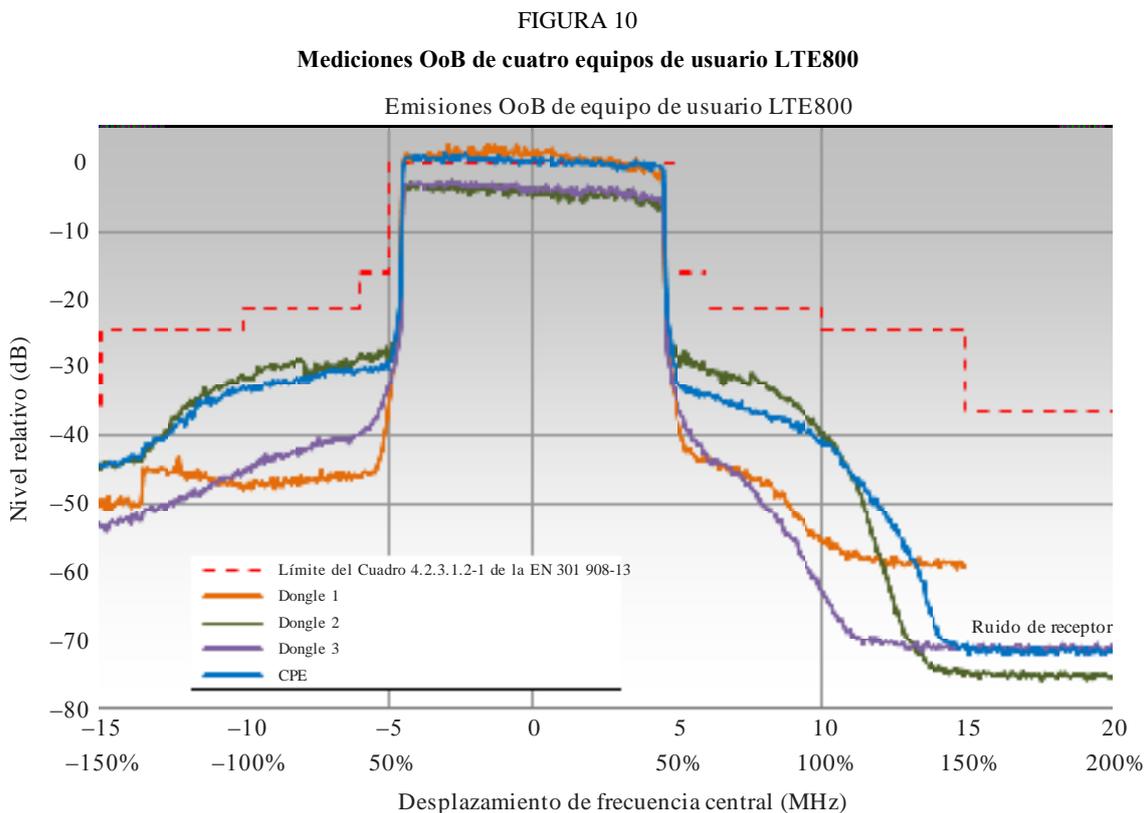
¹ Nota: la atribución de bloques de recursos para LTE en el «caso más desfavorable» en lo que a emisiones no esenciales y fuera de banda se refiere no es fácil de determinar. En la práctica, la configuración de «caso más desfavorable» difiere de una configuración de «carga total» con todos los bloques de recursos disponibles atribuidos en el caso de estación de base y equipo de usuario. Las razones son las siguientes: en LTE son posibles atribuciones de bloques de recursos muy flexibles que varían desde 1 hasta 100 para una portadora única. Las posiciones de estos bloques de recursos también pueden variar de 0 a 99, por lo que hay miles de combinaciones. En caso de agregación de portadora, esas miles de combinaciones para la primera portadora pueden combinarse con las combinaciones de la segunda portadora, lo que da como resultado todavía más combinaciones. Aunque la atribución plena sea, en algunos casos, el caso más desfavorable puesto que da como resultado una señal bastante ancha, hay otros casos en los que un número medio de bloques de recursos pueden dar como resultado mayores omisiones OoB. Otro caso son las transmisiones de un solo bloque de recursos ya que tienen una densidad espectral de potencia muy alta. Así, los productos de intermodulación entre el bloque de recursos transmitidos, la frecuencia portadora y la frecuencia de imagen pueden incluirse en la gama de frecuencias OoB y tener amplitudes importantes cerca del límite. En la agregación de portadora es posible incluso que haya un único bloque de recurso en cada una de las portadoras. Así, los productos de intermodulación entre las portadoras que están fuera de banda pueden ser bastante altos ya que en ese caso se requiere que la reducción de potencia respete los límites de emisiones no esenciales y OoB.

Como solo el modo DDF es interesante en esta gama de frecuencias, no se ha estudiado la operación DDT.

5.1 Emisión fuera de banda

En [14] se publican medidas sobre cuatro equipos de usuario LTE800 diferentes. En el informe se indica que las medidas se registraron como potencia RMS en una anchura de banda de resolución de 10 kHz, con cada equipo de usuario transmitiendo a máxima potencia (23 dBm) y utilizando modulación 16QAM, que fue la modulación de orden máxima soportada por todos los dispositivos estudiados. Eso generó unos niveles máximos de emisiones no deseadas. Como en la Recomendación UIT-R SM.1541 no figura información sobre los límites OoB para esta clase de aplicación, se muestran las máscaras del Cuadro 4.2.3.1.2-1 de la EN 301 908-13 del ETSI en la Fig. 10 a modo de referencia. Recuérdese que en esa norma también se define la frontera OoB para señales LTE de 10 MHz en un desplazamiento de 20 MHz, lo que equivale a un 200% del ancho de banda del canal.

Los niveles de los límites y los valores medidos se convirtieron en un ancho de banda de 10 kHz y se normalizaron.



Observaciones de la Fig. 10:

- Los resultados muestran que todos los equipos de usuario superan la máscara de emisión OoB en diverso grado.
- Todos equipos de usuarios probados mostraron emisiones asimétricas con mayor supresión por encima de 862 MHz. Esto sugiere la presencia de filtrado (interno) para superar los problemas de coexistencia con sistemas de bandas de frecuencias adyacentes.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.1541	Cuadro 4.2.3.1.2-1 de la EN 301 908-13 del ETSI
Equipos de usuario LTE800	Figura 10	No hay información sobre los límites OoB para esta clase de aplicación en la Recomendación.	Los equipos de usuario probados superaron la máscara de emisión OoB en diverso grado y mostraron emisiones asimétricas con mayor supresión por encima de 862 MHz. Esto sugiere la presencia de filtrado (interno) para superar los problemas de coexistencia con sistemas de bandas de frecuencias adyacentes.

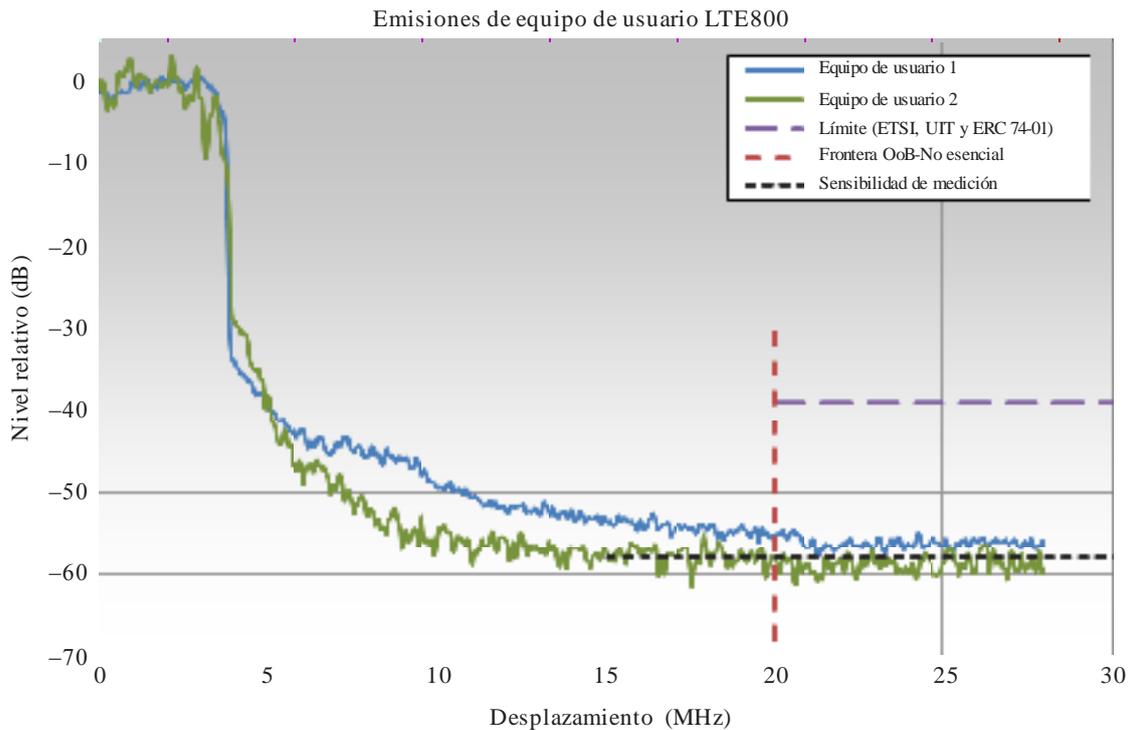
5.2 Emisión no esencial

- En la Recomendación UIT-R SM.329 (Cat. B, servicio móvil terrestre), el Cuadro 2.1 de la ERC/REC 74-01 y la norma pertinente N 301 908-13 del ETSI (Cuadro 4.2.4.1.2-2) se especifica un límite de emisiones no esenciales de -36 dBm en el ancho de banda de referencia de 100 kHz (medida realizada en la salida del transmisor). Este límite debe utilizarse como referencia para una potencia dentro de la banda total de 200 mW = 23 dBm en 10 MHz, lo que corresponde a una densidad espectral dentro de la banda de 23 dBm $- 10\log_{10}(10\ 000/100) = 3$ dBm en un ancho de banda de 100 kHz. La atenuación relativa resultante de emisiones no esenciales es por lo tanto de 3 dBm $- (-36$ dBm) = 39 dB.
- Recuérdese que en la EN 301 908-13 del ETSI también se define la frontera OoB para señales LTE de 10 MHz en un desplazamiento de 20 MHz, lo que equivale a un 200% del ancho de banda del canal (véase su Cuadro 4.2.4.1.2-1).

En la Fig. 11 se muestran medidas de dos equipos de usuario LTE800 que operan en 857 MHz en la gama de desplazamiento cerca de la frontera OoB.

FIGURA 11

Emisiones de dos equipos de usuario LTE800



Observaciones de la Fig. 11:

- Puede verse que los dos equipos de usuario superan los límites del Cuadro 2.1 de la ERC/REC 74-01 en al menos 20 dB en esa configuración. Las emisiones no esenciales efectivas son inferiores a las mostradas por la limitación de la sensibilidad de medición disponible;
- El que los equipos de usuario se operasen en el canal superior LTE800, donde se suprimen aún más las emisiones no esenciales para proteger los servicios adyacentes, da como resultado una supresión muy alta de las emisiones no esenciales, incluso por debajo de la sensibilidad de medición. Examinando las bandas laterales inferiores en la Fig. 11 puede verse que en la frontera OoB e incluso dentro de la banda LTE800, las emisiones no esenciales son considerablemente inferiores a los límites.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
Equipos de usuario LTE800	Figura 11	Los dos equipos de usuario superan los límites de la Rec. UIT-R SM.329 (Cat. B, servicio móvil terrestre), del Cuadro 2.1 de la ERC/REC 74-01 y de la norma pertinente EN 301 908-13 del ETSI (Cuadro 4.2.4.1.2-2) en al menos 20 dB en esa configuración. Las emisiones no esenciales efectivas son inferiores a las mostradas por la limitación de la sensibilidad de medición disponible.		

5.3 Emisiones armónicas

Se han medido emisiones no deseadas en la segunda frecuencia armónica del equipo de usuario LTE800 disponible en el mercado ya que se encuentran en el ancho de banda del receptor de una banda de servicio de radionavegación por satélite. Como estas emisiones no deseadas están siempre

por encima de 1 GHz, se aplican los límites de la Cat. B, servicio móvil terrestre, de la Recomendación UIT-R SM.329, del Cuadro 2.1 de la ERC/REC 74-01 y de la EN 301 908-13 del ETSI de -30 dBm en el ancho de banda de referencia de 1 MHz. En la Recomendación UIT-R M.2071, aplicable a los equipos de usuario de IMT-Avanzadas, también se especifica el mismo límite. La potencia radiada total medida fue de 27 dBm en 10 MHz, lo que da como resultado una densidad espectral dentro del canal de 17 dBm/MHz. La supresión requerida de las frecuencias armónicas sería por lo tanto de $17 \text{ dBm/MHz} - (-30 \text{ dBm}) = 47 \text{ dB}$.

La frecuencia del transmisor fue de 858 MHz. Las mediciones se han realizado en un laboratorio con un ancho de banda de 100 kHz. Las Figuras 12 y 13 muestran la señal dentro de la banda medida y su segunda armónica.

FIGURA 12
Emisiones dentro de la banda de un equipo de usuario LTE800

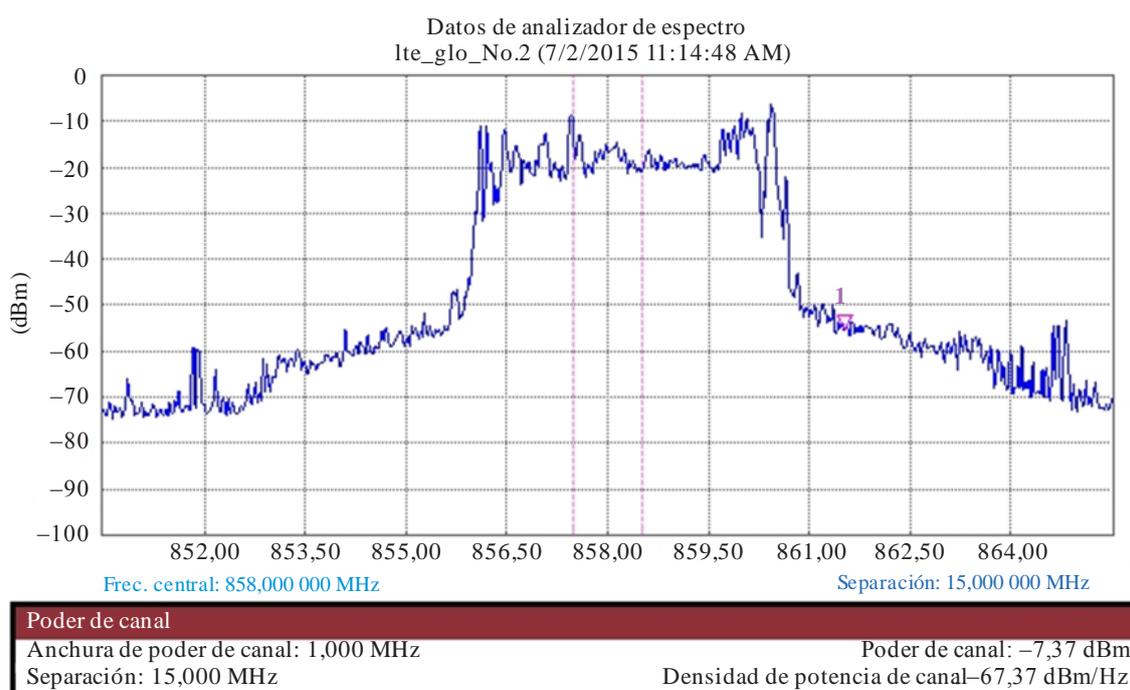
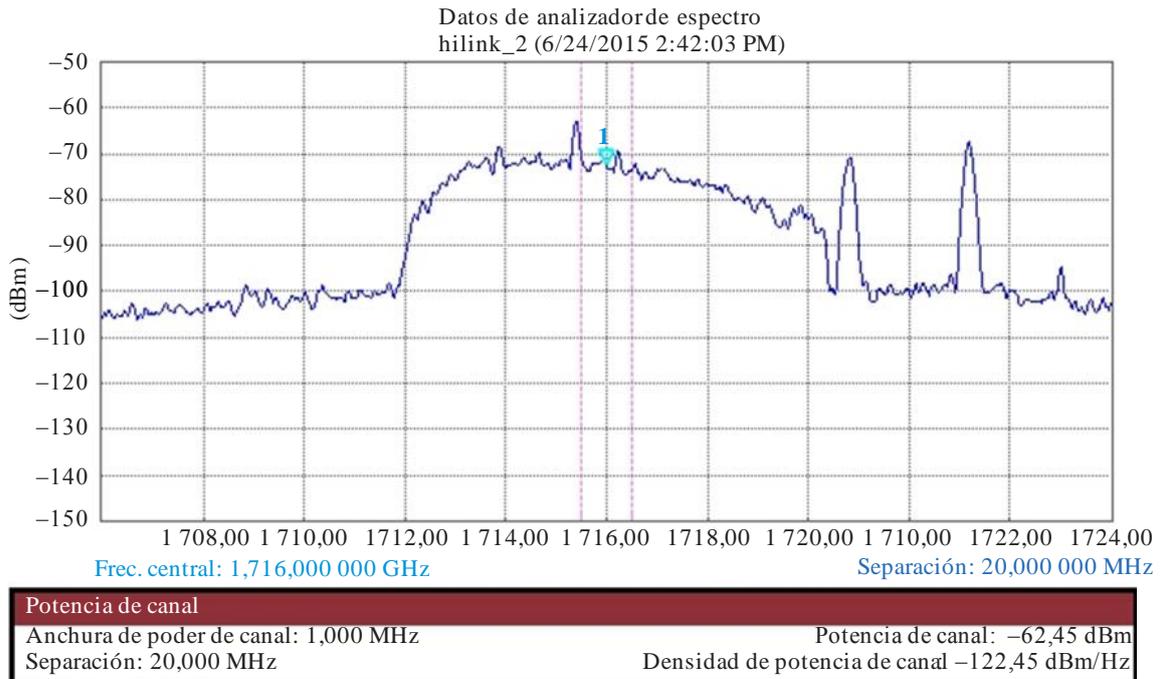


FIGURA 13

Emisiones de un equipo de usuario LTE800 en la segunda frecuencia armónica

Informe SM.2421-13

El balance del enlace de esas medidas se muestra en el Cuadro 3:

CUADRO 3

Balance del enlace

Parámetro	Emisión principal	Emisión armónica secundaria
Frecuencia	858 MHz	1716 MHz
Potencia medida	-7,35 dBm/MHz	-62,45 dBm/MHz
Ganancia de la antena	7,8 dB	7,5 dB
Atenuación de cable	1,2 dB	1,5 dB
Atenuación de espacio libre	31,2 dB	37,14 dB
Potencia radiada	17,23 dBm/MHz	-31,31 dBm/MHz

La supresión de la segunda armónica del equipo de usuario medido se estima en $17,23 \text{ dBm/MHz} - (-31,31 \text{ dBm/MHz}) = 48,54 \text{ dB}$.

Observación:

- La emisión no deseada del equipo de usuario medido en la segunda frecuencia armónica es aproximadamente de 1,5 dB por debajo del límite.

6 Equipo de usuario LTE2300

En algunos países europeos LTE también se utiliza en la gama 2,3 GHz. El sistema es básicamente el mismo que LTE800 con la excepción de que, en general, los canales tienen 20 MHz de anchura. Los parámetros RF relevantes son:

Gama de frecuencias:	2 300 MHz - 2 400 MHz
Modulación:	SC-FDMA
Ancho de banda:	180 kHz a 20 MHz
Potencia de transmisión:	Hasta 23 dBm (200 mW) de salida Tx y p.i.r.e.
Filtro de salida Tx:	Ninguno
El dominio OoB finaliza en:	Desplazamiento 35 MHz de la frecuencia central (véase el Cuadro 4.2.4.1.2-1 de la EN 301 908-13 del ETSI).

En la Fig. 14 se muestran los resultados de las mediciones del laboratorio sobre las emisiones no deseadas de dos equipos de usuario LTE diferentes en un canal de 20 MHz de la banda DDT LTE de 2,3 GHz entre 2 370 y 2 290 MHz. Las mediciones se registraron como potencia RMS en una anchura de banda de resolución de 10 kHz (cada equipo de usuario transmitía a una potencia máxima de 23 dBm y utilizaba una modulación 16QAM).

Por razones similares a las mencionadas en §, las mediciones se realizan en dos equipos de muestra y puede que el rendimiento del caso más desfavorable se desvíe notablemente de los resultados mostrados debido a la dinámica inherente a los sistemas 3GPP LTE. Además, la configuración LTE utilizada (es decir, el número de bloques de recursos, dónde se sitúan estos en el tiempo/frecuencia, etc.) no siempre se especifica.

El gráfico de la Fig. 14 se normaliza a la densidad espectral de potencia dentro del canal en un ancho de banda de 10 kHz.

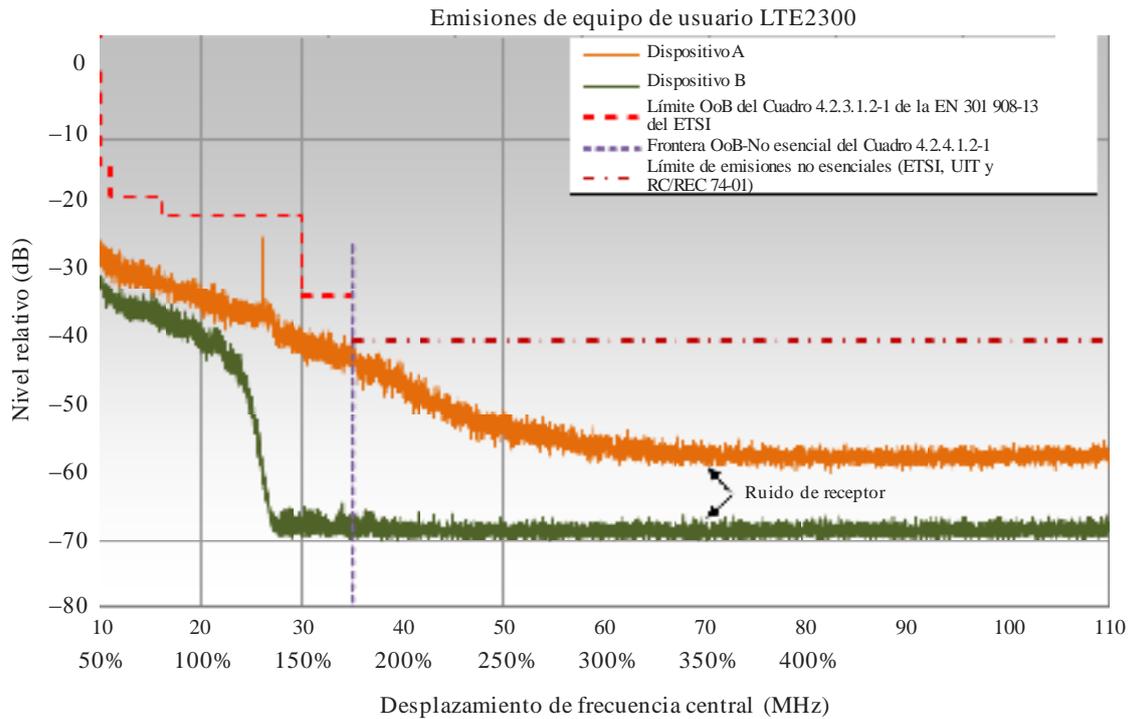
En la Recomendación UIT-R SM.1541 no figuran límites de emisión OoB para ese sistema, por lo que en la Fig. 14 se muestra la máscara de espectro de la norma pertinente, EN 301 908-13 (Cuadro 4.2.3.1.2-1) del ETSI, convertida en un ancho de banda de 10 kHz y comparada con la densidad espectral de potencia dentro del canal.

En la norma pertinente del ETSI, EN 301 908-13 (Cuadro 4.2.4.1.2-2), la Recomendación UIT-R SM.329 (Cat. B de sistemas móviles terrestres) y la ERC/REC 74-01 (Cuadro 2.1) figura un límite para emisiones no esenciales de -30 dBm en el ancho de banda de 1 MHz. Como este valor se aplica a la salida del transmisor, el límite normativo debe utilizarse como referencia para una potencia dentro de la banda total de $200 \text{ mW} = 23 \text{ dBm}$ en 20 MHz, lo que corresponde a una densidad espectral dentro de la banda de $23 \text{ dBm} - 10 \log_{10}(10\,000/1) = 10 \text{ dBm}$ en un ancho de banda de 1 MHz. La atenuación relativa resultante de emisiones no esenciales es por lo tanto de $10 \text{ dBm} - (-30 \text{ dBm}) = 40 \text{ dB}$.

Recuérdese que en la EN 301 908-13 del ETSI (Cuadro 4.2.4.1.2-1) se define la frontera OoB para señales LTE de 20 MHz en un desplazamiento de 35 MHz, lo que equivale a un 175% del ancho de banda del canal.

FIGURA 14

Mediciones de emisiones no deseadas de dos equipos de usuario LTE 2,3 GHz (potencia RMS, anchura de banda de resolución = 10 kHz)



Informe SM.2421-14

Observaciones de la Fig. 14:

- No hay diferencias apreciables entre los perfiles de emisiones medidos de los dos dispositivos. El dispositivo A tiene una disminución lineal con la excepción de un pico dentro del dominio OoB y solo alcanza el límite de emisiones no esenciales inmediatamente después de la frontera. El dispositivo B muestra un rendimiento notablemente mejor, con una disminución más pronunciada en el dominio OoB;
- Las emisiones no esenciales de desplazamientos de frecuencias superiores superan el límite en hasta 30 dB. Cabe mencionar que, no obstante, las mediciones en el dominio no esencial están limitadas por la gama dinámica del equipo de medición. Las emisiones no deseadas de los dispositivos podrían ser por lo tanto inferiores a las mostradas en la Fig. 14.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
Equipos de usuario LTE2300	Figura 14	Las emisiones no esenciales de desplazamientos de frecuencia superiores superan el límite en hasta 30 dB. Cabe mencionar que, no obstante, las mediciones en el dominio no esencial están limitadas por la gama dinámica del equipo de medición. Las emisiones no deseadas de los dispositivos podrían ser por lo tanto inferiores a las mostradas en la Fig. 14.		

7 Estación de base GSM900

Los parámetros de RF pertinentes de las estaciones de base GSM900 son los siguientes:

Gama de frecuencias	925 MHz-960 MHz
Modulación:	MDMG
Anchura de banda ocupada:	250 kHz
Separación de canales:	200 kHz
Final del dominio de las emisiones fuera de banda:	Desplazamiento de 500 kHz con respecto a la frecuencia central (regla del 250% con arreglo a separación de canal (Nota 1)).
Potencia del transmisor:	Hasta 46 dBm a la salida del transmisor (valor habitual)
Filtro de salida del transmisor:	Ninguno.

NOTA 1 – El desplazamiento de 500 kHz al comienzo del dominio de emisiones no esenciales se ha utilizado habitualmente en varios estudios de compatibilidad. En las especificaciones GSM que figuran en ETSI EN 302 408 V8.0.1, sección 4.3.3.3.1 y EN 301 502 V12.1.1, sección 4.2.5.1.3, y en el cuadro 4.2.5.5.1, las emisiones no esenciales se definen a partir de 1,8 MHz del centro de la portadora de una banda de transmisión, y a partir de un desplazamiento de 2 MHz desde el límite de la banda fuera de la banda de transmisión.

Si bien no se aplican filtros de salida externos, por lo general los transmisores incorporan algún tipo de filtrado interno para limitar las emisiones no esenciales en bandas adyacentes y proteger su propia banda de recepción en el ascendente (880-915 MHz).

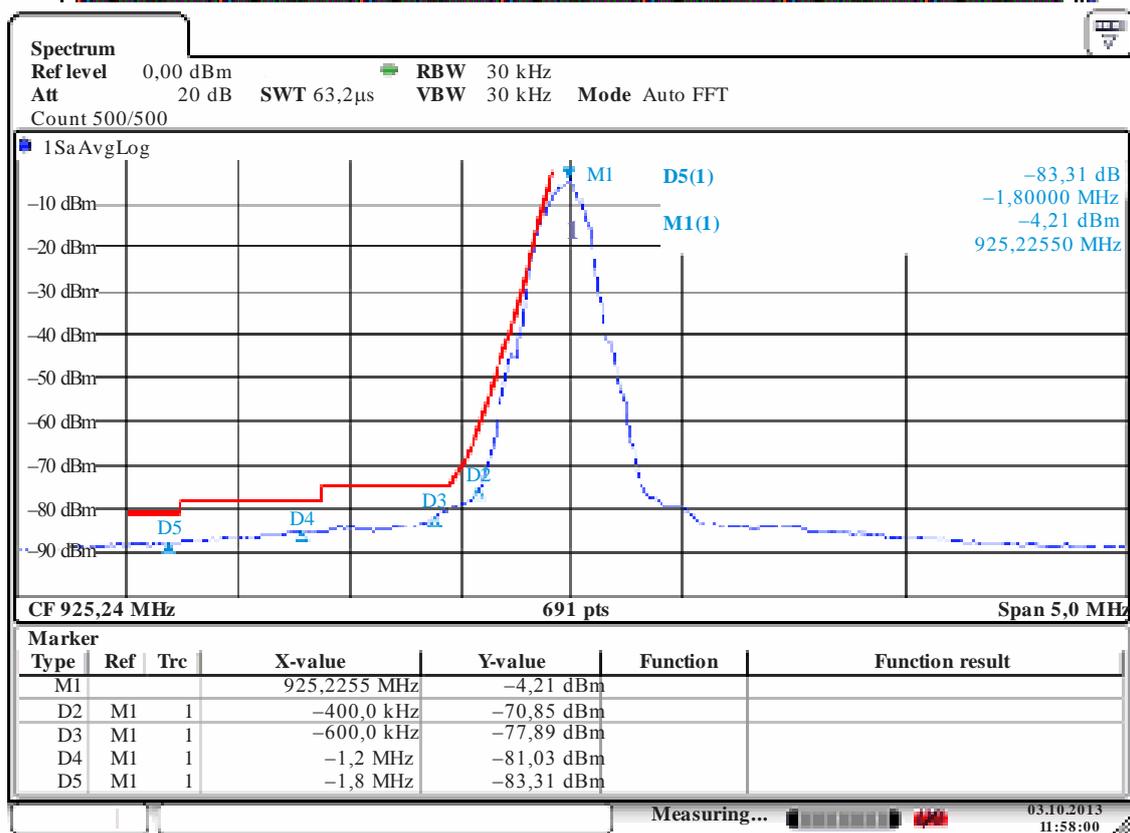
7.1 Emisión fuera de banda

En la Recomendación UIT-R SM.1541 no figura ningún límite específico de emisiones fuera de banda para las redes GSM. En virtud de la norma ETSI TS 145 005 pertinente no se especifican los requisitos relativos a las emisiones fuera de banda de los de las emisiones no esenciales. Sin embargo, en la norma ETSI TS 145 005, sección 4.2.1 «Spectrum due to modulation and wide band noise», se define una máscara espectral en la sección 4.2.1.3, Cuadro que figura en a2, que puede utilizarse como referencia. Dicha máscara de referencia se presenta en la Fig. 15 como una línea de color rojo.

La estación base para la que se realizó la medición se ajustó al canal de operación más bajo posible (#975), que corresponde a una frecuencia central en el enlace descendente de 925,2 MHz. El analizador de espectro se ajustó a una anchura de banda de 30 kHz de resolución, mediante un detector de valor eficaz y una función de traza de mantenimiento de valor máximo.

FIGURA 15

Resultado de la medición de las pruebas de la estación de base GSM900



Informe SM.2421-15

Observaciones relativas a la Fig. 15:

- En toda la gama, el nivel de emisiones no deseadas está por debajo del límite del ETSI y, en particular, con un desplazamiento de 400 kHz, supera el valor de la máscara de emisión en aproximadamente 10 dB.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.1541	ETSI TS 145 005
GSM900	Figura 16	En esta Recomendación no figura ninguna información sobre límites de emisiones fuera de banda.	En toda la gama, el nivel de emisiones no deseadas está por debajo del límite del ETSI y, en particular, con un desplazamiento de 400 kHz, supera el valor de la máscara de emisión en aproximadamente 10 dB.

7.2 Emisión no esencial

Las mediciones se realizaron a la salida del transmisor de una estación base GSM habitual en la frecuencia «C1» (930,6 MHz) correspondiente al canal de radiodifusión (BCCH). Si bien el GSM es un sistema AMDT que normalmente transmite en ráfagas, la transmisión en la frecuencia C1 tiene

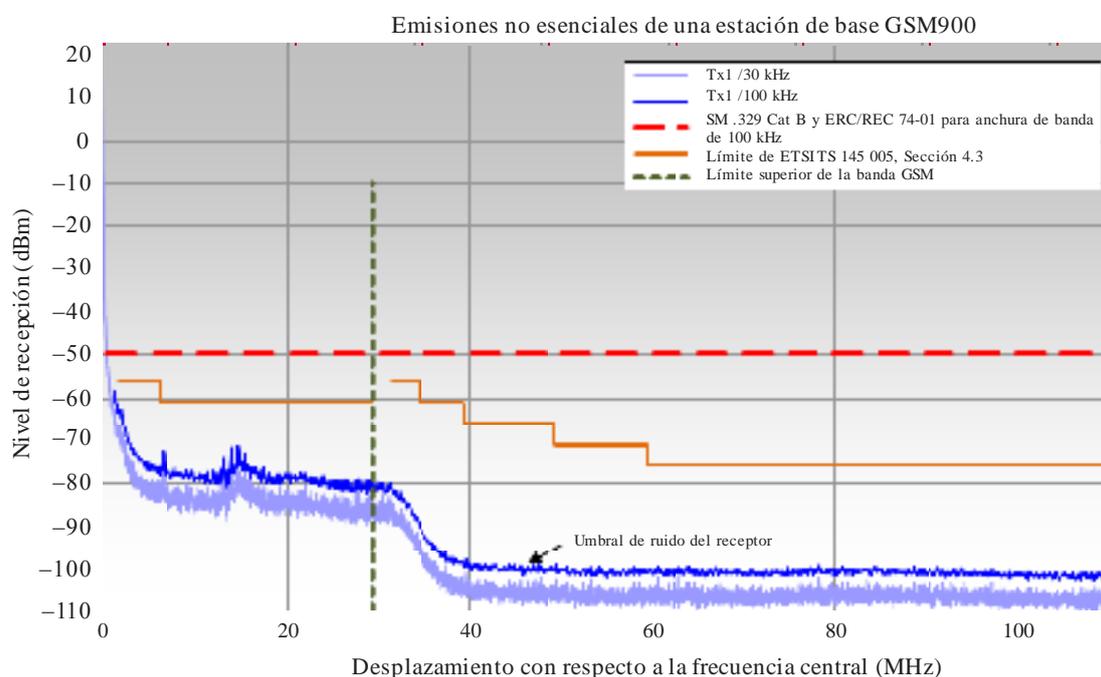
lugar ininterrumpidamente con plena potencia. En consecuencia, no fue necesaria ninguna activación externa para medir su nivel eficaz.

En ERC/REC 74-01 y la Recomendación UIT-R SM.329 se especifica un límite de emisión no esencial de -36 dBm en una anchura de banda de 100 kHz para la categoría B, sistemas móviles terrestres y estaciones de base. En ese caso, la potencia de salida del transmisor fue 42 dBm en una anchura de banda de 200 kHz, por lo que ese límite corresponderá a una atenuación relativa de las emisiones no esenciales de $42 \text{ dBm} - (-36 \text{ dBm} + 10 \cdot \log_{10}(200/100)) = 75$ dB. El nivel de recepción en el canal de la estación de base para la que se realizó la medición fue $+20$ dBm en una anchura de banda de medición de 30 kHz, lo que corresponde a $+25$ dBm en una anchura de banda de referencia de 100 kHz. En consecuencia, el límite de la Recomendación UIT-R SM.329 y ERC/REC 74 01 es $+25 \text{ dBm} - 75 \text{ dB} = -50$ dBm en el diagrama.

Los límites de ETSI TS 145 005 son bastante complejos en lo concerniente a las emisiones no esenciales, y se especifican independientemente para el interior de la banda GSM asignada y el exterior de la misma. No obstante, los valores que se obtienen son mucho más restrictivos que los valores generales de la Recomendación UIT. El límite superior de la banda del enlace descendente GSM es 960 MHz. Para una frecuencia de transmisión de la estación base medida de 930,6 MHz, el límite se sitúa con respecto a una desviación de 29,4 MHz.

FIGURA 16

Emisiones no esenciales de una estación de base GSM900 (gama de frecuencias superior)



Informe SM.2421-16

Observaciones relativas a la Fig. 16:

- Las emisiones no esenciales reales que tienen lugar con arreglo a un desplazamiento superior a 40 MHz podrían ser inferiores a las que se muestran en la figura debido a la limitación de sensibilidad del receptor de la medición.
- Fuera de la banda GSM asignada, el límite de las emisiones no deseadas para la Categoría B, sistemas móviles terrestres y estaciones base relativas a la Recomendación UIT-R SM.329 y ERC/REC 74-01 se rebasa, por lo menos, en 30 dB.

- En particular, fuera de la banda GSM asignada, el nivel de las emisiones no deseadas es más de 25 dB inferior al límite de ETSI que figura en [16] debido al filtrado interno para proteger los servicios adyacentes.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
Estación de base GSM900	Figura 16	Fuera de la banda GSM asignada, el límite de las emisiones no esenciales para la Categoría B, sistemas móviles terrestres, estaciones de base relativas a la Recomendación UIT-R SM.329 y ERC/REC 74-01 se rebasa, por lo menos, en 30 dB.		En particular, fuera de la banda GSM asignada, el nivel de las emisiones no deseadas es más de 25 dB inferior al límite de ETSI TS 145 005 debido al filtrado interno para proteger los servicios adyacentes.

El segundo armónico no figuraba por encima del umbral de ruido del receptor de medición, de lo que cabe deducir que era inferior a -100 dBm (umbral del equipo receptor en 100 kHz), lo que corresponde a un valor inferior a -90 dBm (nivel de transmisión para una anchura de banda de 100 kHz). Las emisiones se midieron, sin registrarse, por encima del segundo armónico, puesto que ya no se producían emisiones por encima del umbral de ruido a partir de una separación de 110 MHz.

8 DECT

La norma sobre Telecomunicaciones Digitales Inalámbricas Mejoradas (DECT) se utiliza habitualmente en muchos sistemas de comunicaciones personales. Se trata de un sistema AMDT, por lo que la transmisión de los elementos fijos y los portátiles se realiza en ráfagas. Los parámetros de los sistemas medidos son los siguientes:

Frecuencia de transmisión:	1 897,344 MHz
Modulación:	MDF-2
Potencia radiada:	250 mW = 24 dBm (ráfaga en promedio)
Anchura de banda ocupada:	1,15 MHz
Comienzo del dominio de emisiones no esenciales:	Desplazamiento de 2,875 MHz
Duración de las ráfagas:	90 μ s o 368 μ s
Repetición de ráfagas:	10 ms
Anchura de banda de medición:	100 kHz

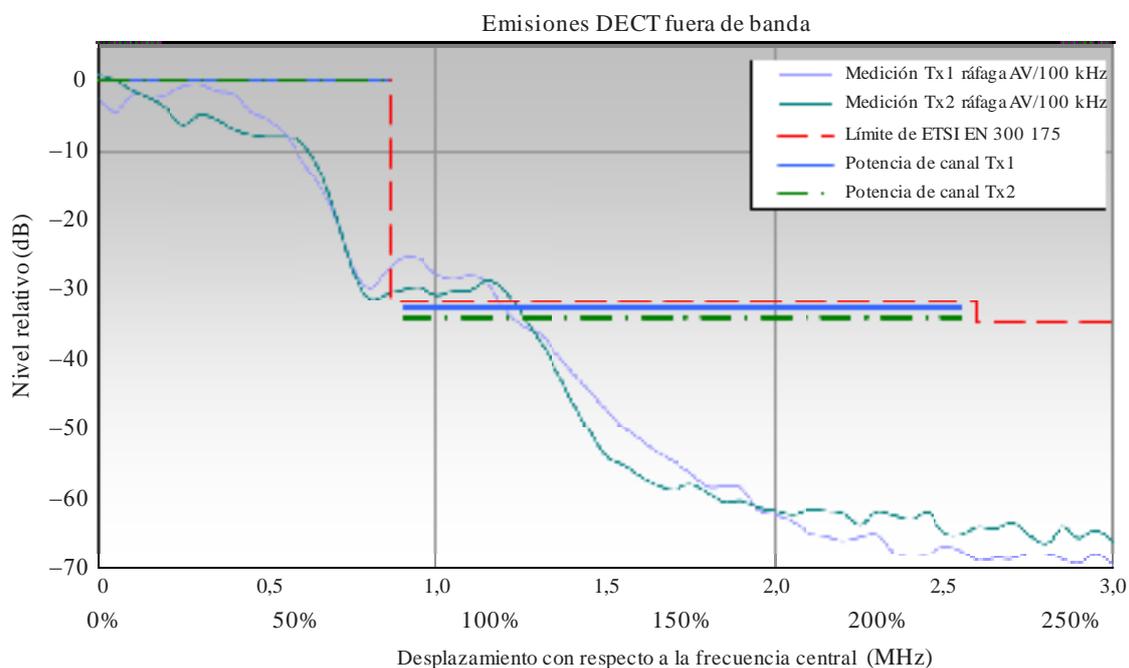
Las mediciones se realizaron con radiación (en entorno aéreo), habida cuenta de que, por lo general, el equipo no incorpora conectores para antenas externas. Los niveles medidos son eficaces sólo durante las ráfagas (con arreglo a un nivel promedio de las mismas). La activación externa se utilizó para sincronizar la medición con las ráfagas transmitidas (véase la descripción de la configuración de la medición en el Anexo 1).

8.1 Emisión fuera de banda

Se realizaron mediciones con dos terminales móviles telefónicos DECT de fabricantes diferentes con una anchura de banda de resolución de 100 kHz. Los espectros de emisiones fuera de banda obtenidos se representan en la Fig. 17 como «Tx1 AV-ráfaga/100kHz» y «Tx2 AV-ráfaga/100kHz».

La Recomendación UIT-R SM.1541 no contiene ningún anexo en el que se especifiquen límites para las emisiones DECT fuera de banda; en consecuencia, se tomó como referencia la máscara de la norma aplicable ETSI EN 300 175-2 (§ 5.5.1, Cuadro 1). Los límites de las emisiones fuera de banda se definen para niveles de potencia a lo largo de toda la anchura de banda del canal, tanto para la referencia de 0 dB como para las emisiones fuera de banda, de ahí que no fuera necesaria ninguna transformación de anchura de banda. Con objeto de disponer de una comparación directa con dichos límites, se integraron las densidades espectrales medidas en una anchura de banda de 1,15 MHz para el canal utilizado y el canal adyacente. Los resultados se muestran en la Fig. 17 como líneas horizontales («Potencia del canal Tx1» y «Potencia del canal Tx2»). El eje de nivel de dicha Figura se ha normalizado con respecto a la línea de referencia de 0 dB de la potencia total en el canal.

FIGURA 17
Emisiones DECT fuera de banda (gama de frecuencias superior)



Informe SM.2421-17

Observaciones relativas a la Fig. 17:

- Cabe observar que los niveles de emisiones fuera de banda de ambos dispositivos DECT utilizados en la medición no cumplen los requisitos de la norma ETSI en la gama de desplazamiento en torno a 1 MHz.
- Como solo pueden detectarse emisiones relativas a la modulación en el dominio de las emisiones fuera de banda, cabe suponer que todos los dispositivos DECT tendrán casi el mismo espectro de emisiones fuera de banda, en cuyo caso cabe deducir que existe un margen notable entre el límite de emisiones fuera de banda y las emisiones fuera de banda reales, en particular en la gama del canal adyacente con un desplazamiento de 2 MHz.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
DECT	Figura 17			Los niveles de emisiones fuera de banda de ambos dispositivos DECT no cumplen los requisitos de la norma 0 ETSI en la gama de desplazamiento en torno a 1 MHz. Como solo pueden detectarse emisiones relativas a la modulación en el dominio de las emisiones fuera de banda, cabe suponer que todos los dispositivos DECT tendrán casi el mismo espectro de emisiones fuera de banda, en cuyo caso cabe deducir que existe un notable margen entre el límite de emisiones fuera de banda y las emisiones fuera de banda reales, en particular en la gama del canal adyacente con un desplazamiento de 2 MHz.

8.2 Emisión no esencial

En lo concerniente al servicio DECT, en la Recomendación UIT-R SM.329 (Cat. B0, servicio móvil terrestre) y ERC/REC 74-01 se especifica un límite de emisión no esencial de -30 dBm para una anchura de banda de referencia de 1 MHz. Habida cuenta de una potencia transmitida de 24 dBm, ese límite corresponde a una atenuación relativa de las emisiones no esenciales de 24 dBm $- (-30$ dBm) = 54 dB.

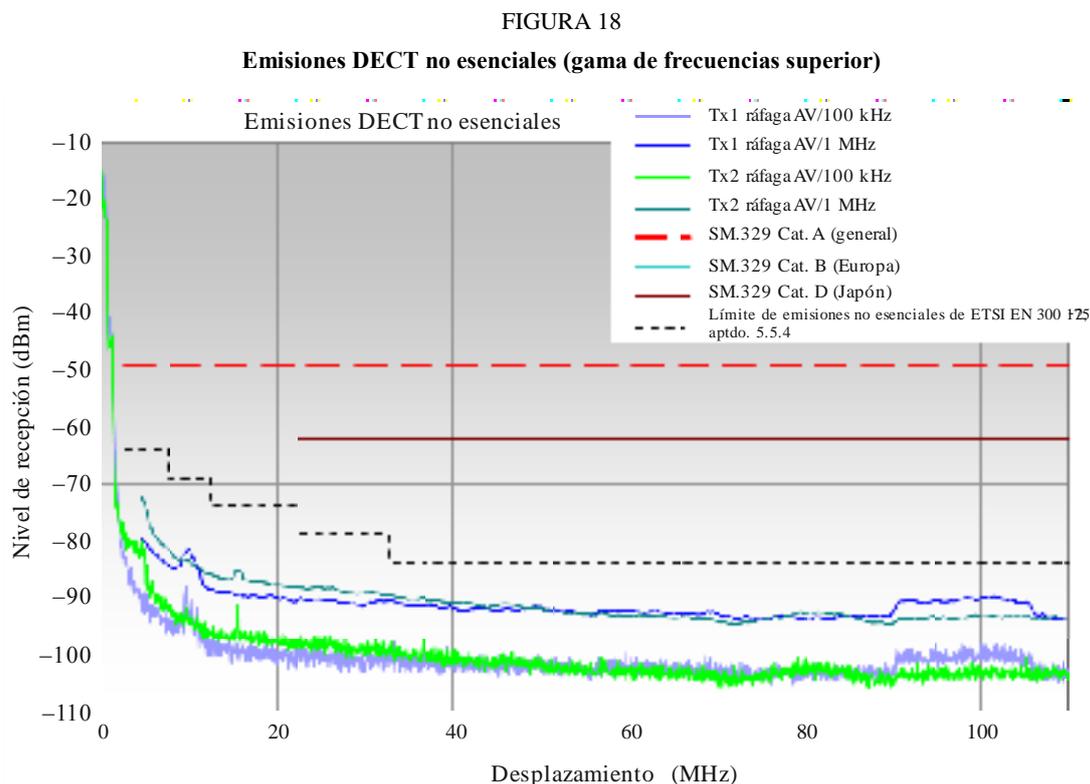
El nivel de recepción equivalente medido en el canal en 1 MHz fue -12 dBm. En consecuencia, el eje de niveles de la Fig. 18 puede transformarse para que refleje la potencia radiada en la anchura de banda de 1 MHz añadiendo 36 dB a fin de tener en cuenta las pérdidas producidas. En la Fig. 18, la línea relativa a la supresión necesaria de las emisiones no esenciales de 54 dB se sitúa a -12 dBm $- 54$ dB = -66 dBm.

En el apartado 5.5.4 de la norma ETSI EN 300 175-2 se especifica un límite de emisiones no esenciales de $1 \mu\text{W} = -30$ dBm por encima de la banda DECT designada. Las anchuras de banda de referencia para ese nivel oscilan entre 30 kHz y 3 MHz, lo que da lugar a un límite decreciente con respecto a la anchura de banda de 1 MHz de la Fig. 18. La frecuencia de transmisión de los dispositivos utilizados en la medición se fijó en 1897,344 MHz, correspondiente a la frecuencia de canal DECT más elevada de Europa. La banda DECT designada termina en 1900 MHz, que corresponde a un desplazamiento de 2,656 MHz.

Puesto que los dispositivos DECT transmiten en ráfagas, las emisiones no deseadas sólo se miden durante una de esas ráfagas mediante la activación de un analizador de espectro. En el Anexo 1, § 3, Tipo de configuración 3, se proporciona información pormenorizada sobre la configuración de medición.

Se aplicó una gama de valores variable con respecto a los niveles medidos en 100 kHz para incorporar los niveles a la anchura de banda de referencia de 1 MHz. Las líneas espectrales obtenidas, mostradas en azul y verde oscuros, deben compararse con los límites que figuran la Fig. 18.

Con objeto de comparar los niveles medidos con el límite de la norma ETSI EN 300 175-2 v2.6.1 que se define como nivel de potencia de cresta, se aplicó una reducción de 13 dB² al cálculo del límite relativo a la Fig. 18 con objeto de tener en cuenta la diferencia entre los niveles promedio y de cresta con respecto a señales similares al ruido.



Informe SM.2421-18

El valor de los armónicos se midió de forma independiente; los resultados obtenidos se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO 4

Valor de los armónicos de las estaciones de base DECT utilizadas en la medición

	Tx1			Tx2		
	Frecuencia	Nivel/1 MHz	Atenuación	Frecuencia	Nivel/1 MHz	Atenuación
Fundamental	1881,6 MHz	-6,0 dBm	0,0 dBc	1890,4 MHz	-8,0 dBm	0,0 dBc
2º armónico	3763,2 MHz	-80,0 dBm	74,0 dBc	3780,8 MHz	-77,0 dBm	69,0 dBc
3º armónico	5644,8 MHz	-79,0 dBm	73,0 dBc	5671,2 MHz	-85,0 dBm	77,0 dBc
4º armónico	7526,4 MHz	< -88 dBm	> 82 dBc	7561,6 MHz	< -88 dBm	> 80 dBc

² Valor obtenido empíricamente. Es aplicable a señales de características similares al ruido al medirse mediante un detector de valores de cresta o eficaces.

Observaciones relativas las Figuras 17 y 18:

- Los resultados ponen de manifiesto que los límites de las emisiones no esenciales de la Recomendación UIT-R SM.329 y ERC / REC 74-01 se cumplen con un amplio margen. Para desplazamientos más elevados, el valor habitual de las emisiones espurias es de 30 dB inferior a ese límite;
- Al igual que con el resto de sistemas digitales, el mayor desplazamiento se da en el límite entre las emisiones fuera de banda y el dominio de las emisiones no esenciales para el que Tx1 cumple los requisitos de Cat. B con un margen de 5 dB;
- Los límites de las emisiones no esenciales de ETSI EN 300 175-2 se cumplen, por lo general, con un margen de 10 dB;
- Todas las emisiones armónicas relativas a los dispositivos utilizados en la medición se sitúan muy por debajo de los límites de emisiones no esenciales.

9 Estaciones de base UMTS 2100

En el sistema móvil celular 3G se emplea la técnica de espectro ensanchado W-CDMA para gestionar varios accesos. Se utiliza ampliamente en Europa y en otras partes del mundo como sistema sucesor del GSM. Los parámetros del sistema UMTS son los siguientes:

Gama de frecuencias:	2 110-2 170 MHz (Banda I del enlace descendente DDF).
Modulación:	MDP-4
Anchura de banda:	5 MHz (canal)
Filtro externo de transmisor:	Ninguno
Comienzo del dominio de frecuencias no esenciales:	Desplazamiento de 12,5 MHz (regla del 250%).

Si bien no se aplicó ningún filtrado adicional a la salida del transmisor, cabe considerar un cierto nivel de filtrado interno para proteger la banda de recepción de la estación de base, y probablemente los servicios adyacentes.

9.1 Emisión fuera de banda

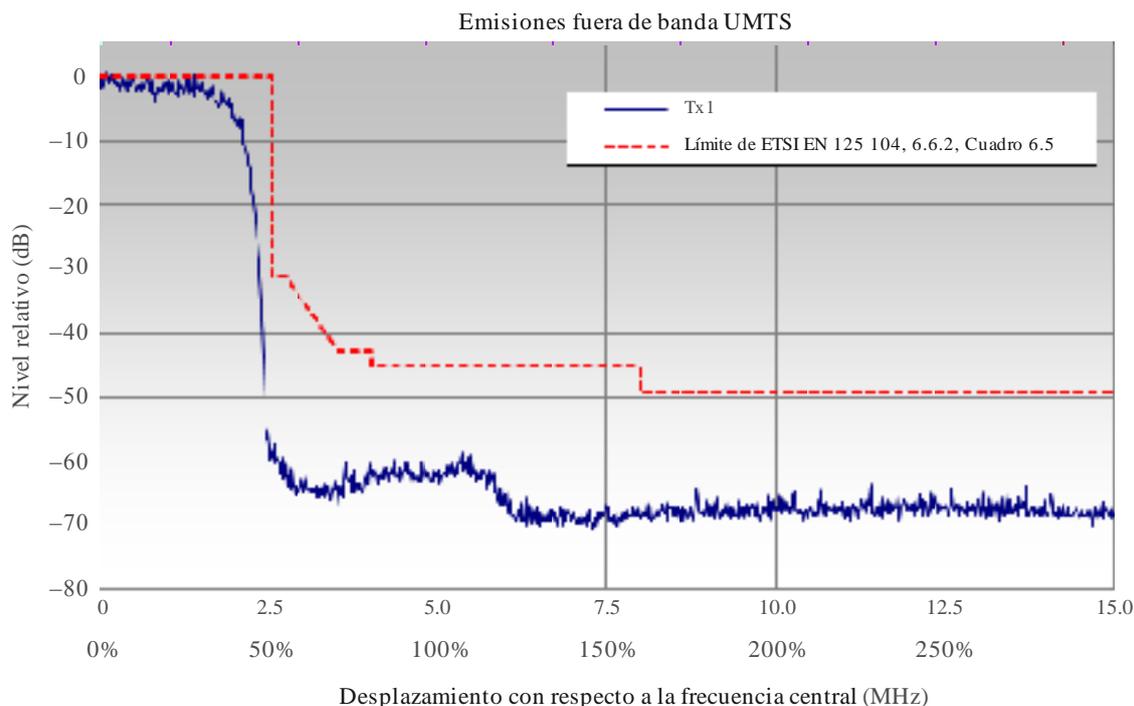
A la salida del transmisor se realizaron las mediciones de emisiones fuera de banda que figuran a continuación. Se utilizaron los siguientes parámetros de radiofrecuencia pertinentes para la estación utilizada en la medición:

Frecuencia de transmisión:	2 152 MHz (frecuencia central)
Potencia de transmisión:	3 W / 35 dBm (valor eficaz a la salida del transmisor)
Anchura de banda de la medición:	4 kHz.

El espectro medido que se representa en la Fig. 19 pone de manifiesto los niveles relativos en dB normalizados con respecto a la densidad espectral de potencia máxima para la anchura de banda de medición de 4 kHz.

En la Recomendación UIT-R SM.1541 no se establece ningún límite para los sistemas W-CDMA. En consecuencia, se muestran los límites definidos en ETSI TS 125 104, Capítulo 6.6.2.1, Cuadro 6.5. Puesto que se proporcionan para anchuras de banda de referencia que oscilan entre 30 kHz y 1 MHz, el límite correspondiente a la figura siguiente se ha obtenido después de la corrección de la anchura de banda y se ha normalizado con respecto a la densidad espectral de potencia medida en el canal.

FIGURA 19
Emisiones fuera de banda de una estación de base UMTS



Informe SM.2421-19

Observaciones relativas a la Fig. 19:

- Los resultados ponen de manifiesto que el límite de la norma ETSI TS 125 104 pertinente se alcanza fácilmente. Las emisiones fuera de banda son al menos 15 dB inferiores al valor de la máscara.
- El ruido de banda ancha del amplificador no incluye emisiones no deseadas por modulación para desplazamientos de alrededor del 125% de la anchura del canal.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.1541	ETSI TS 125 104, Capítulo 6.6.2.1, Cuadro 6.5
Estación de base UMTS	Figura 19	En esta Recomendación no figura ninguna información sobre límites de emisiones fuera de banda para este tipo de aplicación.	Las emisiones fuera de banda son al menos 15 dB inferiores al valor de la máscara. El ruido de banda ancha del amplificador no incluye emisiones no deseadas por modulación para desplazamientos de alrededor del 125% de la anchura del canal.

9.2 Emisión no esencial

En la Recomendación UIT-R SM.329 Cat B (Europa) para el servicio móvil terrestre (estaciones de base), el Cuadro 6.9 de ETSI TS 125 104 y el Cuadro 2.1 de ERC/REC 74-01 se especifica un nivel máximo de emisiones no esenciales de -30 dBm/MHz. En el apartado 6.6.3 de la norma ETSI [18] se define la aplicación del límite de las emisiones no esenciales para desplazamientos superiores a 12,5 MHz por debajo de la primera frecuencia portadora utilizada en la banda UMTS, o superiores a 12,5 MHz por encima de la última frecuencia de portadora utilizada.

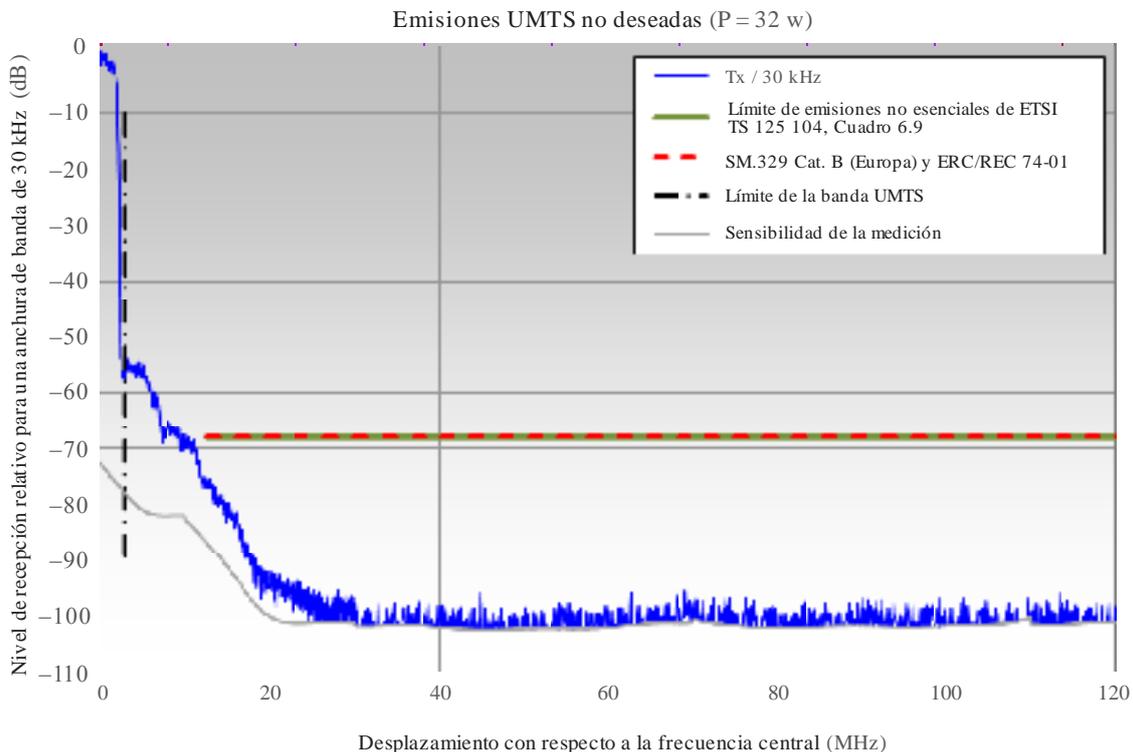
En la Fig. 20 se muestra la medición de la radiación de una estación de base UMTS que funciona en el canal de frecuencia más elevada en la banda I del sistema UMTS:

Frecuencia de transmisión: 2 167,2 MHz (frecuencia central)
 Potencia de transmisión: 32 W / 45,1 dBm (valor eficaz a la salida del transmisor)
 Anchura de banda: 5 MHz (canal)
 Anchura de banda de la medición: 30 kHz.

En la Fig. 20 los niveles están normalizados con respecto a la densidad espectral de potencia en el canal para una anchura de banda de 30 kHz. El límite de -30 dB se define para una anchura de banda de 1 MHz. La transformación a la anchura de banda UMTS de 5 MHz se realiza mediante la fórmula $10 \cdot \log_{10}(5) = 7$ dB. Sobre la base de esa corrección y la normalización con arreglo a la densidad espectral de potencia en el canal, el límite que se muestra en la Figura es -30 dBm $- (45,1$ dBm $- 7$ dB) $= -68$ dB.

FIGURA 20

Emisiones no esenciales de una estación de base UMTS



Informe SM.2421-20

Observaciones relativas a la Fig. 20:

- La estación objeto de medición, si bien transmite en el canal de frecuencia más elevada, que constituye el caso más crítico para satisfacer los límites de emisiones no esenciales, supera esos límites en aproximadamente 10 dB, aun al comienzo del dominio de emisiones no esenciales.
- Para desplazamientos superiores a 20 MHz, los límites se superan en al menos 30 dB. El nivel de las emisiones no esenciales reales para esos desplazamientos es inferior al de las representadas. La limitación corresponde a la sensibilidad de medición.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
Estación de base UMTS	Figura 20	<p>La estación objeto de medición, si bien transmite en el canal de frecuencia más elevada, que constituye el caso más crítico para satisfacer los límites de emisiones no esenciales, supera esos límites en aproximadamente 10 dB, aun al comienzo del dominio de emisiones no esenciales.</p> <p>Para desplazamientos superiores a 20 MHz, los límites se superan en al menos 30 dB. El nivel de las emisiones no esenciales reales para esos desplazamientos es inferior al de las representadas. La limitación corresponde a la sensibilidad de medición.</p>		

10 Dispositivos RLAN en la banda de 2,4 GHz

Los dispositivos RLAN o WLAN se utilizan con mucha frecuencia en todo el mundo. Sus aplicaciones se ajustan a la norma IEEE 802.11[28]. Dependiendo de la variante dicha norma, se utiliza una frecuencia en las gamas en torno a 2,4 GHz o a 5,6 GHz. A continuación se enumeran los parámetros pertinentes:

Modulación:	MDP4 o MDFD
Máxima potencia radiada:	100 mW = 20 dBm (nivel promedio de ráfagas)
Anchura de banda:	En torno a 16 MHz
Final del dominio de emisiones no esenciales:	Desplazamiento de 40 MHz (regla del 250%)
Duración de las ráfagas:	Variable, en función del tráfico, ejemplo: 100 μ s
Repetición de las ráfagas:	Variable, en función del tráfico, por ejemplo 100 ms.

10.1 Emisiones fuera de banda

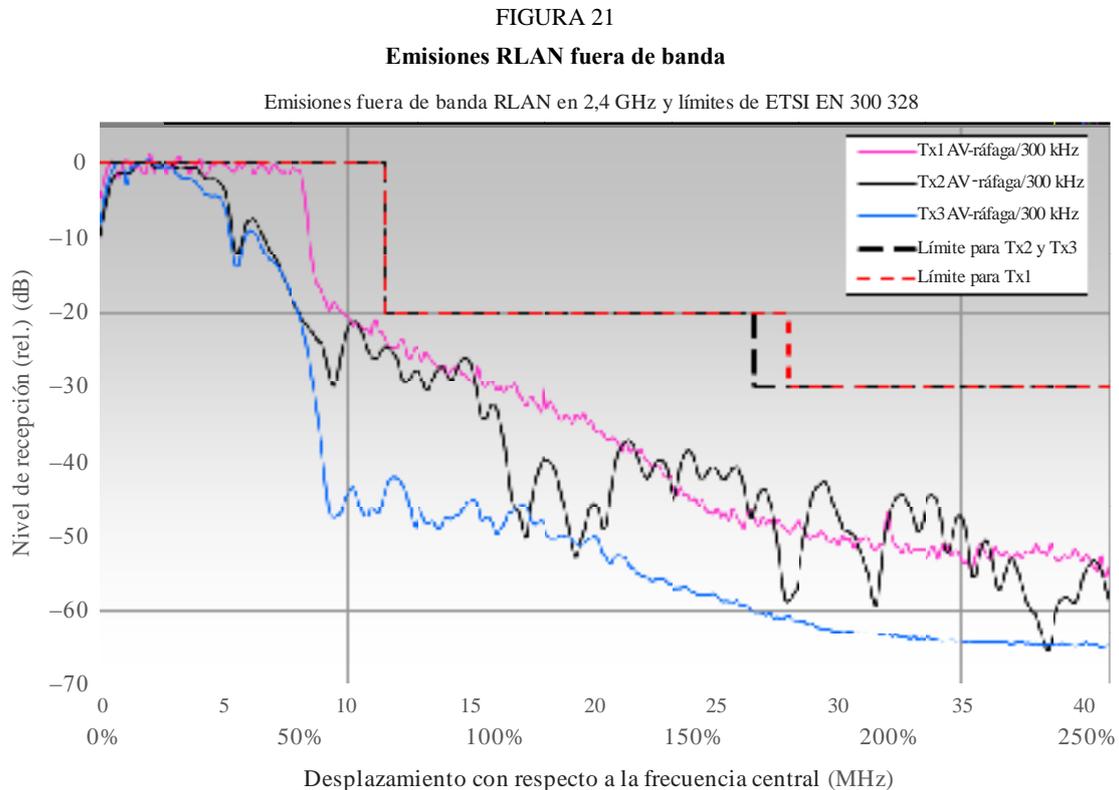
Las mediciones se realizaron mediante tres dispositivos WLAN diferentes:

- Transmisor 1: Punto de acceso RLAN que funciona en modo 802.11g (OFDM), con medición de radiación
- Transmisor 2: Encaminador RLAN que funciona en modo 802.11b (DSSS), con medición a la salida del transmisor
- Transmisor 3: Teléfono inteligente con compatibilidad RLAN que funciona en modo 802.11b (DSSS), con medición de radiación.

Puesto que en la Recomendación UIT-R SM.1541 no figura ningún anexo en el que se especifiquen límites para las emisiones de SRD fuera de banda, la máscara se basa en la norma aplicable ETSI EN 300 328 V1.9.1[19], apartado 4.3.2.8.3. La definición de los límites de las emisiones fuera de la banda atribuida depende de la anchura de banda ocupada, a saber, 16,5 MHz para el Transmisor 1 y 15 MHz para los Transmisores 2 y 3. Durante la medición, los tres transmisores funcionaban en el canal de frecuencia más elevada en la banda con frecuencia central de 2 472 MHz.

El límite desde el final de la banda (2 480 MHz) y $2480 + \text{OBW}$ es de -10 dBm/MHz , y entre $2480 + \text{OBW}$ y $2480 + 2 \cdot \text{OBW}$ es de -20 dBm/MHz (véase la representación de ello en la Fig. 21).

Los niveles de la Fig. 21 muestran valores relativos en dB y están normalizados de forma que el valor de 0 dB corresponda a la densidad espectral de potencia máxima en el canal para la anchura de banda de medición de 300 kHz. Los límites también se han normalizado con arreglo a una anchura de banda de 300 kHz a fin de permitir una comparación directa.



Informe SM.2421-21

Observaciones relativas a la Fig. 21:

- Los tres dispositivos que han sido objeto de medición satisfacen los límites de emisiones fuera de banda ETSI EN 300 328. Para un desplazamiento del 250%, por lo general el valor de las emisiones fuera de banda es al menos 20 dB inferior al límite.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.1541	ETSI EN 300 328
RLAN	Figura 21	En esta Recomendación no figura ninguna información sobre límites de emisiones fuera de banda para este tipo de aplicación.	Para un desplazamiento del 250%, por lo general el valor de las emisiones fuera de banda es al menos 20 dB inferior al límite.

10.2 Emisión no esencial

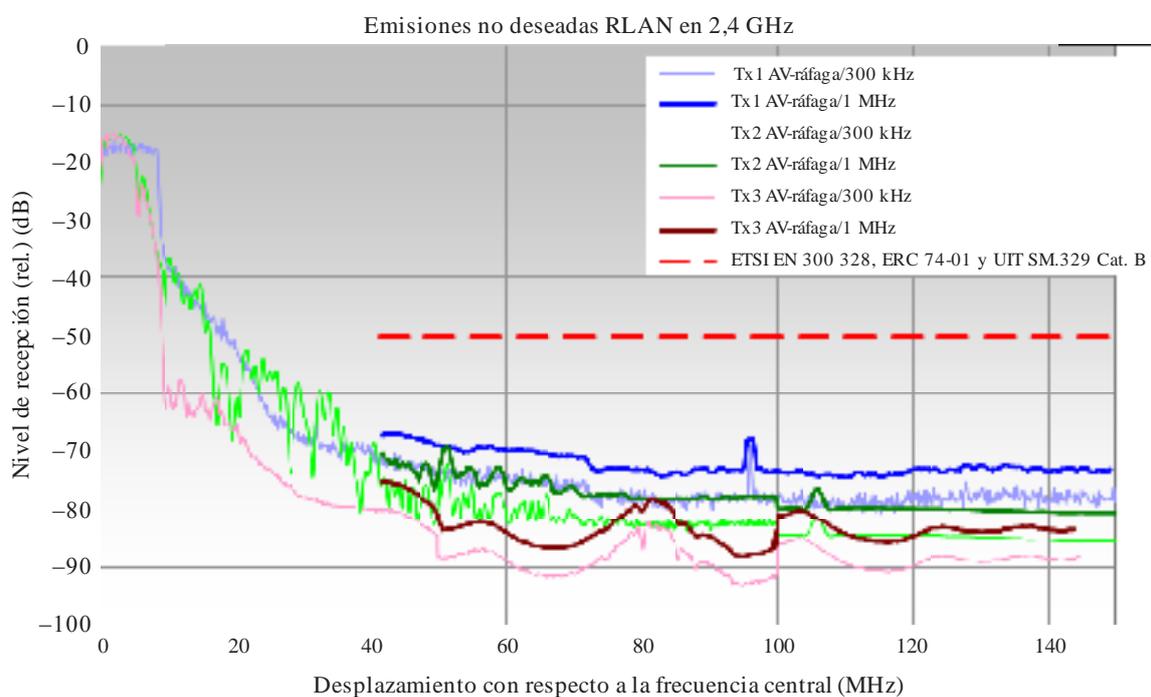
Con respecto a los sistemas RLAN, en el Cuadro 2.1, número de referencia 2.1.2 de ERC/REC 74-01 y la Recomendación UIT-R SM.329, se especifica un límite de emisiones no esenciales de -30 dBm para una anchura de banda de 1 MHz en Europa (Cat B).

En ETSI EN 300 328, apartado 4.3.1.10.3, Cuadro 1, se especifica un nivel de emisión no esencial para transmisores de emisiones de banda ancha de -30 dBm en 1 MHz para la gama de frecuencias de 1 GHz a 12,75 GHz.

Las mediciones se realizaron en los tres dispositivos RLAN utilizados para las mediciones de las emisiones fuera de banda relativas a la Fig. 21, con una anchura de banda de medición de 300 kHz. Con objeto de realizar una comparación directa con los límites pertinentes se aplicó una gama de valores variables de integración de 1 MHz para transformar los valores medidos en la anchura de banda de referencia de 1 MHz. Puesto que los valores de la Fig. 22 están normalizados con arreglo a la potencia total en el canal de 20 dBm, el límite de -30 dBm de la Recomendación UIT-R SM.329 y ETSI EN 300 328 corresponde a un nivel relativo de -50 dB.

Los niveles que se muestran en el gráfico pueden transformarse directamente en niveles de radiación en una anchura de banda de 1 MHz añadiendo 20 dB.

FIGURA 22
Emisiones RLAN no esenciales



Informe SM.2421-22

Observaciones:

- Aun los límites más restrictivos de la Recomendación UIT-R SM.329 se satisfacen para un margen habitual de 20 a 30 dB.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
RLAN	Figura 22	Los límites se satisfacen para un margen habitual de 20 a 30 dB.		

11 WIMAX 3.6 GHz EU

WiMAX es un sistema de acceso inalámbrico de banda ancha. La banda correspondiente a WiMAX posee las siguientes características RF:

Gama de frecuencias: 3 600-3 800 MHz

Modulación: OFDM

Anchura de banda: 10 MHz (canal).

11.1 Emisión no esencial

El límite de emisión no esencial para EU/EB en el servicio móvil terrestre, de conformidad con lo estipulado en el cuadro 2.1 de ERC/REC. 74 01, es -30 dBm/MHz. Ese límite se define en la Recomendación UIT-R SM.329 para frecuencias superiores a 1 GHz. En el apartado 4.2.4 de la norma EN 301 908-21 se definen los límites de emisión no esencial del transmisor para los equipos de usuario de DDF OFDMA DDT WMAN (WiMAX móvil).

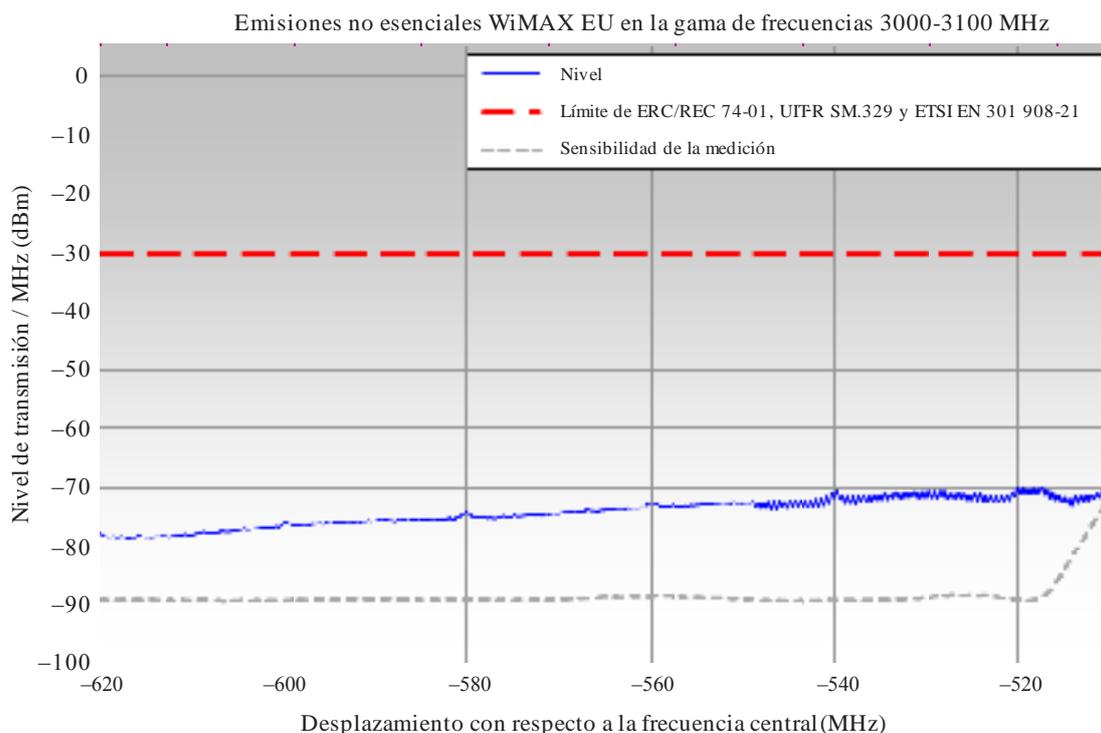
En la Fig. 23 se muestra una medición de emisión no esencial de una línea de producción de terminales WiMAX para la banda de radar adyacente efectuada directamente a la salida del transmisor. Los siguientes parámetros de RF son pertinentes a los efectos de esa medición:

Frecuencia de transmisión:	3 620 MHz (canal de enlace ascendente de frecuencia más baja posible)
Potencia de transmisión:	27 dBm / 500 mW (salida del transmisor)
Filtro externo del transmisor:	Ninguno
Comienzo del dominio de emisiones no esenciales:	Desplazamiento de 25 MHz offset (regla del 250%)
Anchura banda de medición:	1 MHz

Si bien no se aplicó ningún filtrado adicional a la salida del transmisor, cabe suponer un cierto filtrado interno para proteger la banda de recepción del enlace descendente y los servicios adyacentes.

Puesto que las anchuras de banda de medición y de referencia son iguales, no se precisa ninguna transformación de la anchura de banda.

FIGURA 23
 EU 3,6 GHz WiMAX – Emisiones en la banda de frecuencias de radar



Informe SM.2421-23

Observaciones relativas a la Fig. 23:

- Aunque la medición abarque únicamente una pequeña gama de frecuencias con un gran desplazamiento, cabe observar que los límites se rebasan para un margen de al menos 40 dB.
- Aun con desplazamientos de frecuencias muy elevadas, el nivel de las emisiones no esenciales depende de la frecuencia y, por lo general, disminuye para desplazamientos más elevados.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
WiMax 3,6 GHz EU	Figura 23	Aunque la medición abarque únicamente una pequeña gama de frecuencias con un gran desplazamiento, cabe observar que los límites se rebasan para un margen de al menos 40 dB.		

12 Enlaces punto a punto de 25 GHz

Estos sistemas punto a punto se utilizan habitualmente para conectar estaciones de base del servicio móvil público (en particular GSM, UMTS, LTE). En función de la velocidad de datos necesaria se asignan anchuras de banda diferentes de hasta 50 MHz. Las características más habituales de ese equipo son las siguientes:

- Gama de frecuencias: 25,1-26,5 GHz
- Modulación: MDP-4 o MAC
- Anchura de banda: 3,5 MHz – 50 MHz (canal)
- Potencia de transmisión: -10 dBm – 24 dBm (salida del transmisor).

Si bien no se aplica ningún filtro externo, cabe suponer un cierto grado de filtrado interno para proteger el receptor de la señal frente a la estación del enlace opuesto.

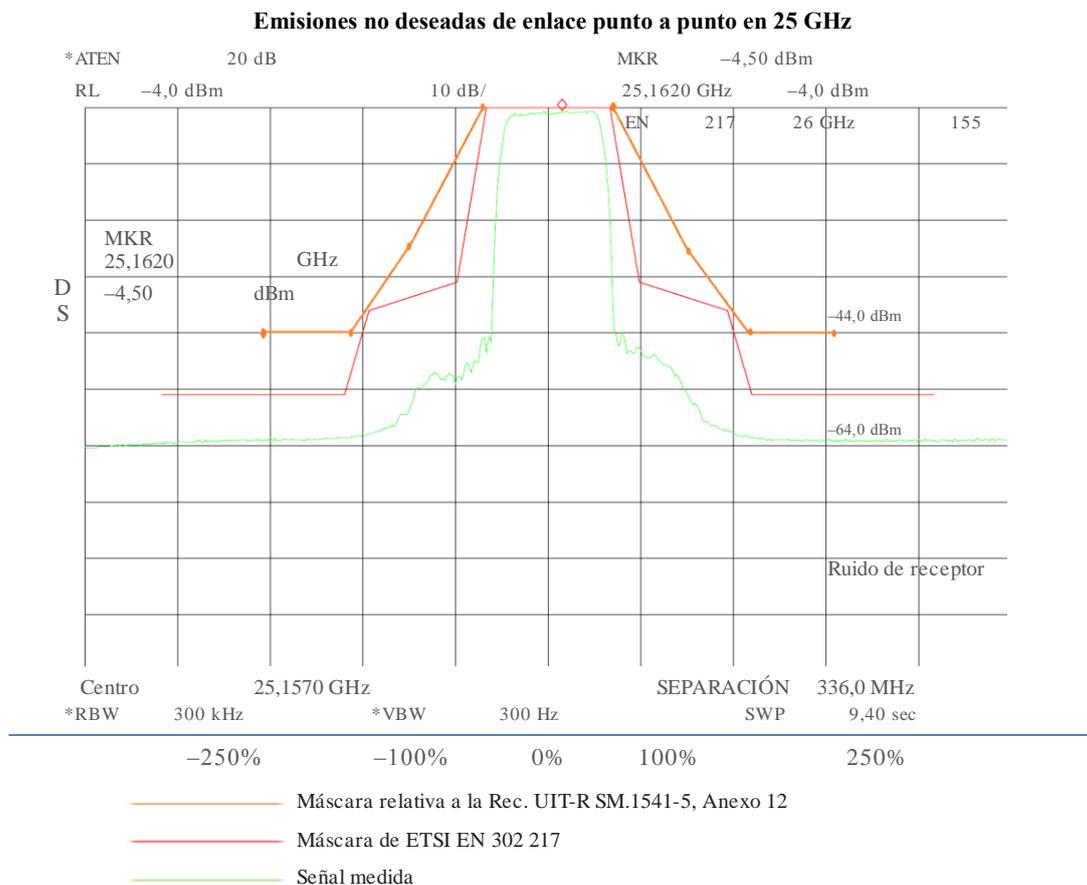
12.1 Emisión fuera de banda

En la Fig. 24 se muestra la medición de emisiones no deseadas de un dispositivo de enlace punto a punto de 25 GHz. Los parámetros de RF pertinentes son los siguientes:

Frecuencia central:	25,157 GHz
Modulación:	MAC-64
Anchura de banda:	40 MHz (canal)
Potencia de transmisión:	17 dBm (salida del transmisor)
Filtro externo de transmisión:	Ninguno
Anchura de banda de medición:	300 kHz

Los niveles de la Fig. 24 se han normalizado con arreglo a la máxima densidad espectral de potencia en el canal para una anchura de banda de 300 kHz. Los límites de emisión fuera de banda genéricos del servicio fijo se basan en la Recomendación UIT-R SM.1541-5, Anexo 12, y los límites específicos de ese sistema en lo estipulado en la sección 4.2.4.2.1 de la norma ETSI EN 302 217-2-2, y se transforman en niveles relativos en 300 kHz.

FIGURA 24



Las mediciones para desplazamientos de más de ± 75 MHz vienen limitadas por la sensibilidad del receptor. Las emisiones no deseadas de estas gamas de desplazamientos son aún más elevadas del valor representado.

Observaciones relativas a la Fig. 24:

- Los límites genéricos de emisión fuera de banda de una red de seguridad del servicio fijo que figuran en el Anexo 12 de la Rec. UIT-R SM.1541 se satisfacen para un margen de alrededor de 20 dB.
- El límite específico del apartado 4.2.4.2.2.1 de la norma ETSI EN 302 217-2-2 se satisface para un margen de al menos 10 dB.

Con respecto a las características y los niveles de las emisiones fuera de banda, esas mediciones adicionales muestran la misma tendencia que los resultados que se presentan en la Fig. 24.

Sistema	Figura	Comparación con:	
		Rec. UIT-R SM.1541	ETSI EN 302 217-2-2, apartado 4.2.4.2.1
Enlace punto a punto de 25 GHz	Figura 24	Los límites genéricos de emisión fuera de banda de una red de seguridad del servicio fijo que figuran en el Anexo 12 de la Rec. UIT-R SM.1541 se satisfacen para un margen de alrededor de 20 dB.	El límite específico se satisface para un margen de al menos 10 dB.

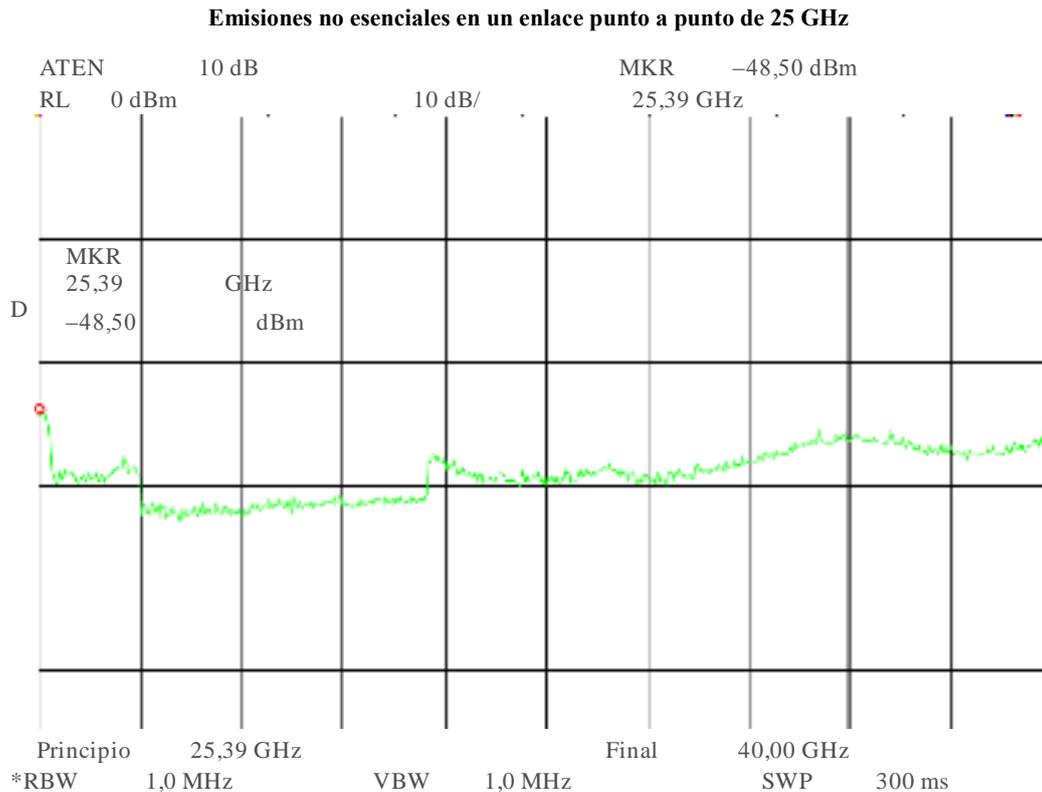
12.2 Emisión no esencial

El límite para las emisiones no esenciales que figura en ERC/REC 74-01 y en la Recomendación UIT-R SM.329 (Cat B/Europa) es -30 dBm/MHz.

Con respecto a los límites de emisión no esencial, la norma pertinente, ETSI EN 301 390, también hace referencia en su apartado 4.1.1 a los límites que se proporcionan en ERC/REC 74-01.

Se han realizado diversas mediciones de emisiones no esenciales en varios dispositivos punto a punto en la gama de 25 GHz con anchuras de banda de canal diferentes. En la siguiente figura se muestra un ejemplo habitual de emisiones no esenciales al comienzo de la gama de emisiones no esenciales, por lo general el más importante, hasta 40 GHz. Se muestra el mismo dispositivo que el relativo al dominio de emisiones no esenciales anteriormente especificado. La anchura de banda de la medición fue 1 MHz. La referencia de nivel de 0 dB es la densidad espectral de potencia en el canal para 1 MHz.

FIGURA 25



Informe SM.2421-25

Observaciones relativas a la Fig. 25:

- El límite de emisión no esencial se satisface para un margen de más de 20 dB.

Sistema	Figura	Comparación con:		
		Rec. UIT-R SM.329	ERC/Rec 74-01	ETSI
Enlaces punto a punto de 25 GHz	Figura 25	El límite de emisión no esencial se satisface para un margen de más de 20 dB.		

Por otro lado, las mediciones no esenciales del mismo equipo para otras gamas de frecuencias (por ejemplo, 28 GHz, 32 GHz o 38 GHz en la gama de medición de 25,157 GHz a 40 GHz) han puesto de manifiesto que para desplazamientos de frecuencia más amplios los niveles son inferiores a los previstos desde un punto de vista físico.

En cuanto a las características y los niveles de las emisiones fuera de banda, las nuevas mediciones muestran la misma tendencia que el resultado presentado en la Fig. 25.

13 Sistemas con o sin filtrado

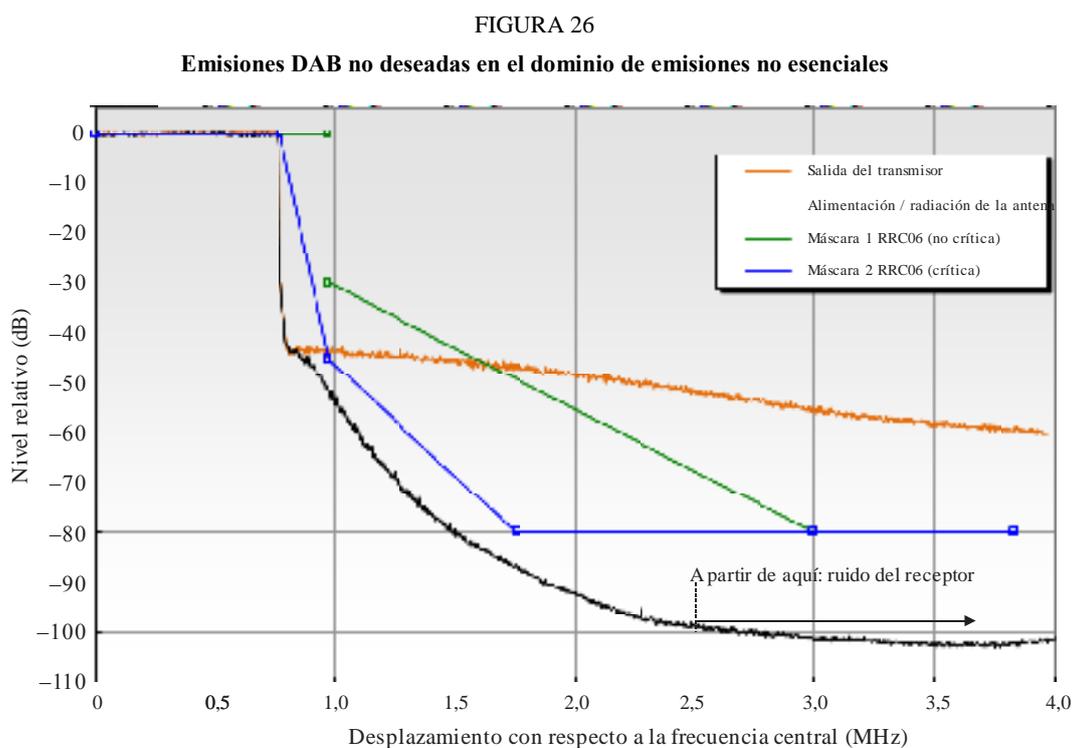
La gestión de frecuencias a escalas nacional e internacional exige a menudo suprimir notablemente las emisiones no deseadas al atribuir una banda de frecuencias a un servicio específico, a fin de evitar interferencia perjudicial a servicios de radiocomunicaciones de bandas adyacentes. En la mayoría de los casos, esos requisitos sólo pueden cumplirse si se aplica algún tipo de filtrado físico adicional en la última etapa del transmisor, o después de esta. En los casos en los que se despliegan esos filtros, el nivel de las emisiones no deseadas en el dominio de emisiones esenciales dependerá en gran medida

de la frecuencia. Por otro lado, su nivel absoluto suele ser tan bajo que no puede medirse. En ese caso, las emisiones no esenciales no pueden causar interferencia perjudicial a otros servicios de radiocomunicaciones y, en consecuencia, no han de tenerse en cuenta en estudios de compatibilidad/compartición.

Entre los sistemas para los que siempre se aplican filtros a la salida del transmisor cabe destacar la DAB, las estaciones de base LTE y la DVB-T.

13.1 DAB

En la Fig. 26 se muestran las emisiones no deseadas medidas con un transmisor DAB directamente a la salida del transmisor y después del filtro adicional situado en la etapa de alimentación de la antena.



Observaciones relativas a la Fig. 26:

- El espectro no filtrado no puede ajustarse a la Máscara GE-06 1 (no crítica) y la Máscara GE-06 2 (crítica), que son las máscaras de emisión no esencial requeridas en Europa.
- El espectro filtrado suprime significativamente las emisiones no deseadas, aun en el dominio de emisiones no esenciales.
- Las emisiones no deseadas en el dominio de las emisiones no esenciales no pueden medirse y son incluso inferiores al nivel de ruido mostrado en la Fig. 26.

13.2 Estación de base LTE800

Los requisitos de supresión de emisiones en bandas adyacentes pueden dar lugar a emisiones fuera de banda «asimétricas», habida cuenta de la necesidad de aplicar filtros para suprimir las emisiones sólo en la banda de frecuencias adyacentes inferior o superior.

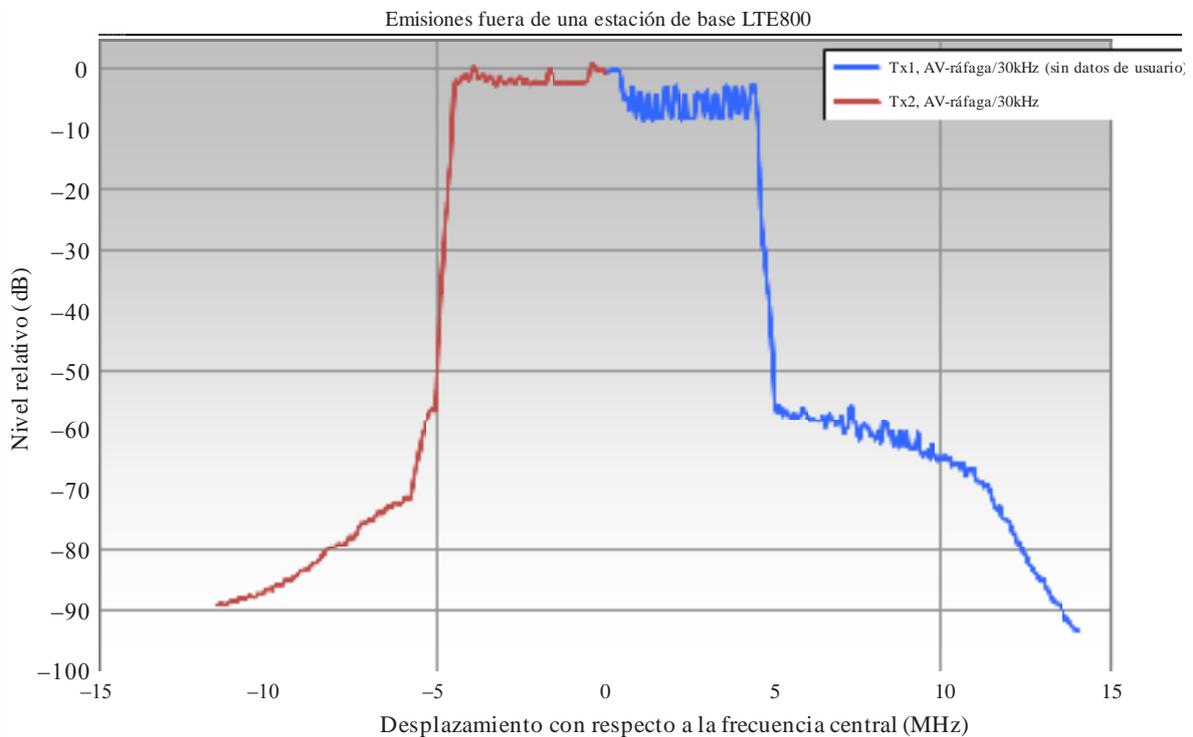
En la Fig. 27 se muestran las emisiones fuera de banda de dos estaciones de base LTE800 distintas que operan en el canal LTE de frecuencias más bajas (796 MHz). La mitad superior corresponde a un

transmisor en modo de reposo (Tx1), de ahí que la potencia en la banda de las subportadoras sea inferior a la de Tx2.

Cabe observar que las emisiones fuera de banda situadas cerca del canal deseado son mucho más bajas en la banda lateral inferior debido a la necesidad de aplicar un filtrado abrupto para proteger la banda DVB-T adyacente.

FIGURA 27

Espectro de emisiones fuera de banda asimétricas de una estación de base LTE800



14 Emisiones transitorias en sistemas digitales por impulsos

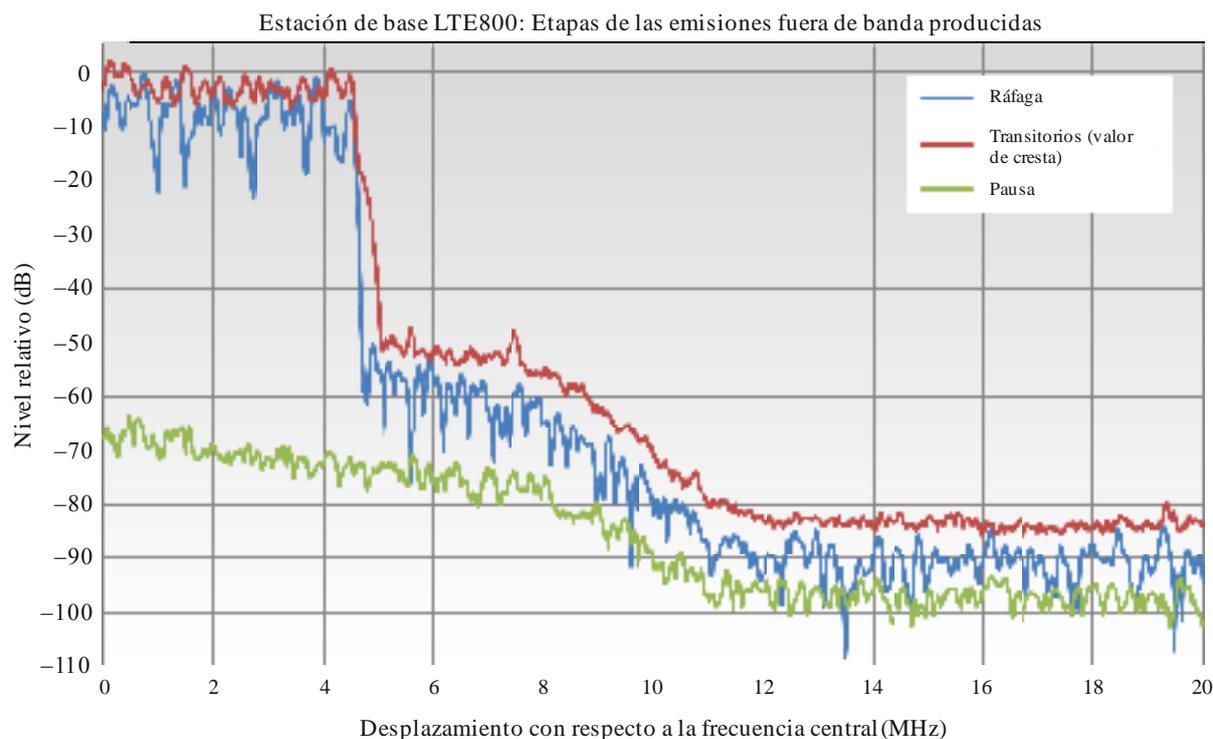
Muchos sistemas AMDT producen emisiones no deseadas «transitorias». Dichas emisiones tienen lugar únicamente en períodos de tiempo muy breves durante el encendido y el apagado del transmisor al comienzo y al final de cada ráfaga. En determinados sistemas OFDM se produce el mismo efecto durante el cambio de los símbolos transmitidos. El diseño interno de algunos sistemas AMDT también conlleva que la última etapa del transmisor (amplificador de potencia) permanezca activa ininterrumpidamente, al tiempo que las ráfagas, en particular las relativas a la temporización de encendido y apagado, son generadas por el DSP en la banda de base.

En consecuencia, cabe distinguir tres formas distintas de emisiones no deseadas:

- Ruido de amplificador de banda ancha, que se produce de forma ininterrumpida.
- Emisiones en banda lateral dependientes de la modulación, que se producen únicamente durante la ráfaga.
- Emisiones transitorias, que tiene lugar únicamente al producirse un aumento súbito de potencia o cambios de símbolo.

En la Fig. 28 se muestran las emisiones fuera de banda de una estación base LTE800 producidas durante un período de 10 ms en todas las etapas anteriormente mencionadas.

FIGURA 28

Estación de base LTE800: Etapas de las emisiones fuera de banda producidas

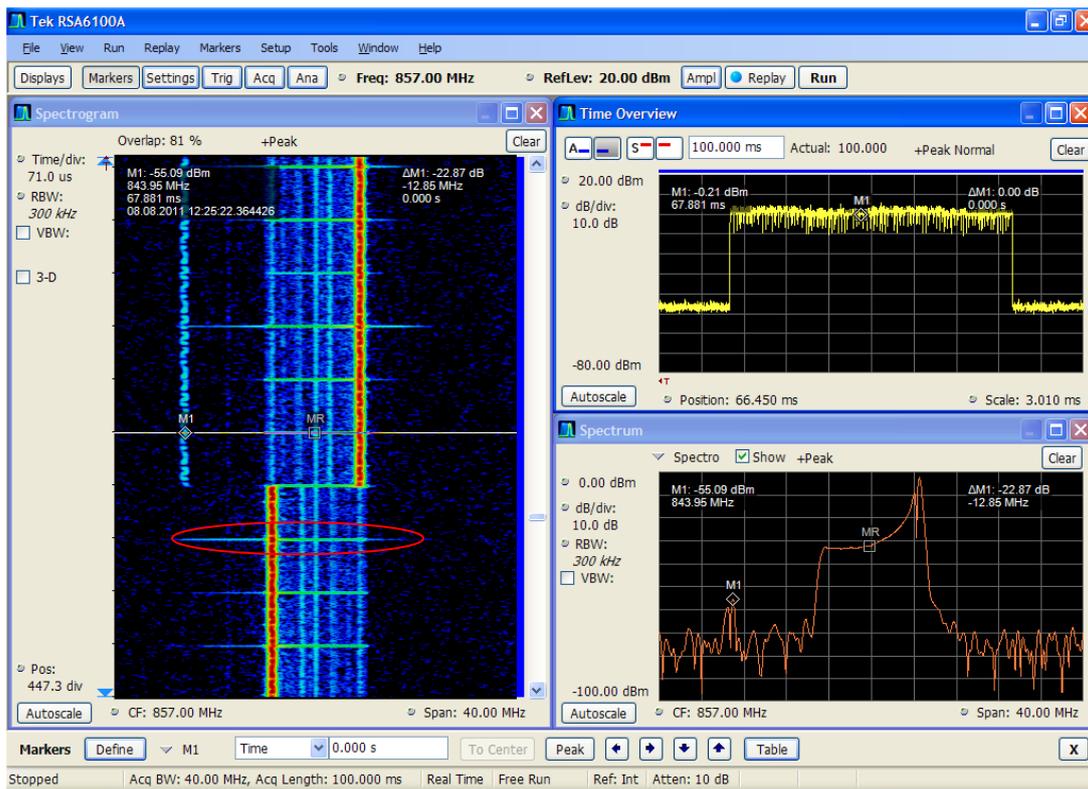
Informe SM.2421-28

Este ejemplo suscita el debate sobre la pertinencia de solo límite para representar de forma realista la capacidad de interferencia de un sistema digital por impulsos, en particular en el dominio de las emisiones fuera de banda.

En la Fig. 29 se muestra el funcionamiento de un dispositivo LTE800 EU con una elevada resolución temporal. Puesto que únicamente se asigna un bloque de recursos, la anchura de banda utilizada es únicamente 180 kHz. Sin embargo, cada 71 μ s el símbolo transmitido y la modulación de todas las subportadoras utilizadas varían.

FIGURA 29

Representación del espectro, la potencia con respecto al tiempo y espectro transitorio en el instante marcado con una línea (mediante los puntos M1 y MR) en el espectrograma de un equipo de usuario LTE800 seleccionado al azar, con una elevada resolución temporal



Observación relativa a la Fig. 29:

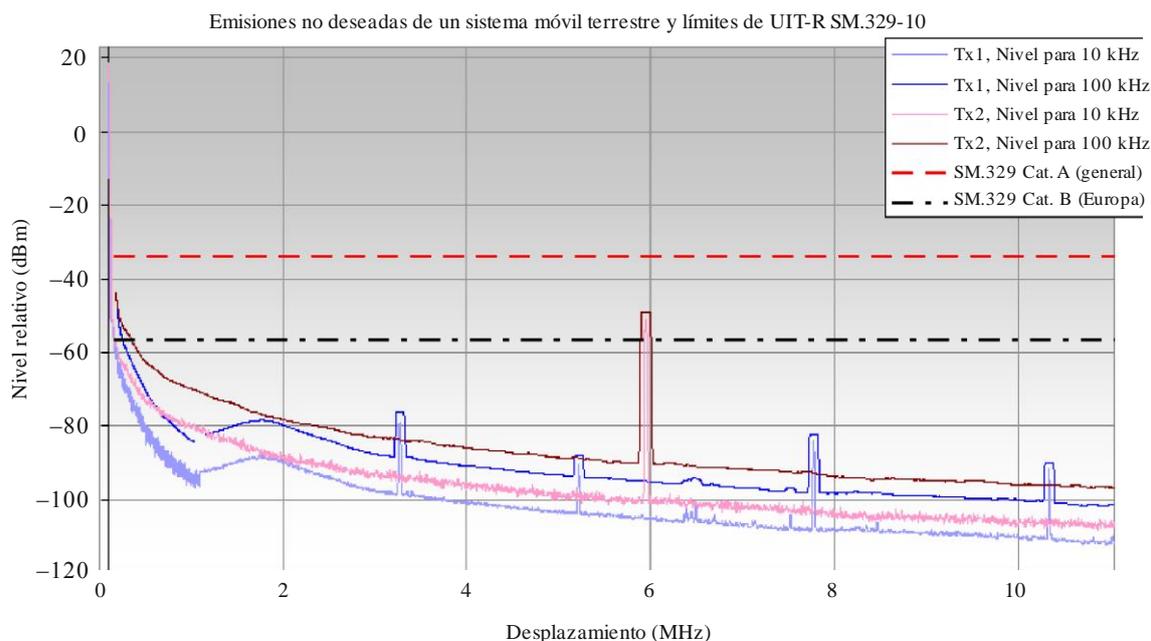
- La emisión fuera de banda aumenta notablemente al producirse los cambios de símbolo (el círculo rojo indica un cambio de símbolo).
- Si las emisiones fuera de banda se miden como niveles de cresta, el espectro de banda lateral resultante tendrá la misma forma que la que se produce al darse un cambio de símbolo. Sin embargo, como muestra el espectrograma, esas emisiones en el caso más desfavorable ocurren únicamente en períodos de tiempo muy breve («transitorios») y probablemente su capacidad de interferencia difiere de la que tendrían si se produjeran de forma ininterrumpida.

15 Emisiones no deseadas de banda estrecha y banda ancha

Todas las etapas de salida de los amplificadores del transmisor producen una cierta cantidad de ruido que se manifiesta como emisiones no deseadas de banda ancha, tanto en el dominio de emisiones fuera de banda como en el de emisiones no esenciales. Por otro lado, los transmisores analógicos a menudo producen emisiones de banda estrecha en frecuencias específicas diferentes en el dominio de emisiones no esenciales como consecuencia de la generación de radiofrecuencias en el transmisor, con varias etapas mezcladoras y frecuencias intermedias. Esos valores de «cresta» suelen significativamente más elevados que el del ruido de banda ancha. En la Fig. 30 se muestra un ejemplo habitual de tales características mediante dos transmisores RMP distintos.

FIGURA 30

Emisiones no esenciales de un sistema móvil terrestre generadas por dos transmisores RMP diferentes (gama de frecuencias superior)



Informe SM.2421-30

Los valores de cresta pueden ser meras portadoras sin modular. Su valor no variará al medirse con arreglo a distintas anchuras de banda. En consecuencia, los niveles no deseados medidos con arreglo a una anchura de banda estrecha no pueden dar lugar a una anchura de banda de referencia de 100 kHz. En la Fig. 30, el espectro no deseado medido con 10 kHz (colores azul y magenta claros) hubo de transformarse en una anchura de banda de referencia de 100 kHz aplicando una gama de valores variables de integración (colores azul oscuro y marrón).

Cabe observar que esa transformación aumenta los niveles de ruido en banda ancha en unos 10 dB, al tiempo que los niveles de cresta se mantienen prácticamente invariables.

Los modernos transmisores de los sistemas digitales siempre generan el espectro de RF de forma digital en la «banda de base». Después de la conversión digital-analógica, los dos componentes de la banda de base pasan directamente a la gama de frecuencias RF por medio de un proceso de modulación I/Q. En consecuencia, no se producen valores de cresta diferentes en el dominio de emisiones no esenciales. Todas las mediciones presentadas en este documento ponen de manifiesto que las emisiones no esenciales poseen únicamente características de banda ancha. Ese es el principal motivo por el que los niveles de emisiones no esenciales de los sistemas digitales medidos se sitúan con frecuencia muy por debajo de los límites que figuran en la Recomendación UIT-R SM.329 y en ERC/REC 74 01, que constituyen valores de cresta en los sistemas analógicos. Una de las principales ventajas de ello es que, por lo general, las emisiones no esenciales de los sistemas digitales pueden transformarse en anchuras de banda diferentes mediante el proceso de corrección basado en la fórmula siguiente: $10 \cdot \log_{10}(BW1/BW2)$.