

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.9710**

(02/2020)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Redes de acceso –Redes de acceso metálicas

---

**Acceso a múltiples gigabits de velocidad a  
terminales de abonado (MG.fast) –  
Especificación de la densidad espectral de  
potencia**

Recomendación UIT-T G.9710

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN MULTIMEDIOS – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999
<b>Redes de acceso metálicas</b>	<b>G.9700–G.9799</b>
Sistemas de línea óptica para las redes locales y de acceso	G.9800–G.9899
Redes internas	G.9900–G.9999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## Recomendación UIT-T G.9710

### Acceso a múltiples gigabits de velocidad a terminales de abonado (MG.fast) – Especificación de la densidad espectral de potencia

#### Resumen

En la Recomendación UIT-T G.9710 se especifican los requisitos de la máscara de densidad espectral de potencia (PSD) para el acceso a múltiples gigabits de velocidad a terminales de abonado (MGfast), un conjunto de herramientas para soportar la reducción de la máscara de PSD de transmisión y una metodología para verificar la PSD de transmisión. En ese sentido, se soporta el funcionamiento por cables tanto coaxiales como de par trenzado.

#### Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	UIT-T G.9710	2020-02-07	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/14022">11.1002/1000/14022</a>

#### Palabras clave

PSD, MGfast

---

\* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-es>.

## PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2020

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

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones.....	2
3.1    Términos definidos en otros documentos.....	2
3.2    Términos definidos en la presente Recomendación .....	2
4 Siglas y acrónimos.....	2
5 Convenios .....	3
6 Máscara de PSD de transmisión .....	3
6.1    Descripción general .....	3
6.2    Máscara límite PSD (LPM) .....	4
6.3    Máscara de subportadora .....	4
6.4    Conformación de la densidad espectral de potencia.....	4
6.5    Supresión de bandas de frecuencias específicas.....	5
6.6    Máscara rechaza banda de bajas frecuencias.....	6
7 Especificación del contenido espectral.....	7
7.1    Tipo de PSD .....	7
7.2    Especificaciones de la máscara de PSD .....	8
8 Verificación de la PSD de transmisión.....	11
Anexo A al Anexo O.....	12
Anexo P – Adaptación al medio de par trenzado.....	13
P.1    Impedancia de terminación.....	13
Anexo Q – Adaptación al medio de par trenzado .....	14
Q.1    Impedancia de terminación.....	14
Q.2    Verificación de la PSD de transmisión.....	14
Apéndice I – Bandas internacionales de radioaficionados.....	15
Apéndice II – Otros servicios de comunicación aeronáutica, radionavegación y radiodifusión .....	16
Apéndice III – Definición de la PSD del transmisor (TXPSD) para transmisiones no continuas .....	17



## Recomendación UIT-T G.9710

### Acceso a múltiples gigabits de velocidad a terminales de abonado (MG.fast) – Especificación de la densidad espectral de potencia

#### 1 Alcance

En esta Recomendación se especifica la densidad espectral de potencia para el acceso a múltiples gigabits de velocidad a terminales de abonado MGfast, que soporta la transmisión a velocidades de datos netas combinadas (a saber, la suma de las velocidades en sentido ascendente y descendente) de hasta aproximadamente 10 Gbit/s en cables metálicos, incluidos cables coaxiales y de par trenzado. Las adaptaciones a estos dos medios se especifican en los Anexos P y Q, respectivamente. La presente edición de la Recomendación comprende los casos en que una única unidad MTU-R/NT par está conectada a la MTU en la unidad de red óptica (MTU-O); los casos en que múltiples unidades MTU-R/NT están conectadas a una única MTU-O quedan fuera de su alcance. Si bien la utilización espectral de MGfast se ajusta a los tipos de PSD de 424 MHz y 848 MHz, en esta edición sólo se especifica el tipo de densidad espectral de potencia (PSD) de 424 MHz.

En concreto, se especifican:

- los requisitos de la máscara límite de densidad espectral de potencia (PSD);
- un conjunto de herramientas para reducir la máscara de PSD de transmisión; y
- una metodología y una serie de requisitos en materia de impedancia de terminación a efectos de la verificación de la PSD de transmisión.

De este modo, se garantiza que la tecnología pueda atender:

- los requisitos regionales;
- los requisitos de despliegue del operador, por ejemplo, la compatibilidad con otras tecnologías de la línea digital de abonado (DSL);
- los reglamentos o normas de compatibilidad electromagnética (EMC) aplicables; y
- los problemas locales de EMC.

La conformidad de los equipos con la presente Recomendación UIT-T puede no garantizar el cumplimiento de la reglamentación nacional o regional específica sobre compatibilidad electromagnética en el momento en que las instalaciones se pongan en servicio.

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por referencia a las mismas en este texto, constituyen disposiciones de esta Recomendación. En la fecha de publicación, las ediciones citadas estaban en vigor. Todas las Recomendaciones y demás referencias están sujetas a revisión, por lo que se alienta a los usuarios de esta Recomendación a que consideren la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las Recomendaciones y demás referencias que se indican a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T vigentes. La referencia a un documento en el marco de esta Recomendación no confiere al mismo, como documento autónomo, el rango de Recomendación.

[UIT-T G.993.2] Recomendación UIT-T G.993.2 (2019), *Transceptores de línea digital de abonado de velocidad muy alta 2 (VDSL2)*.

[UIT-T G.997.2] Recomendación UIT-T G.997.2 (2019), *Gestión de la capa física para transceptores G.fast*.

### 3 Definiciones

#### 3.1 Términos definidos en otros documentos

Ninguno.

#### 3.2 Términos definidos en la presente Recomendación

En la presente Recomendación se definen los siguientes términos:

**3.2.1 ceiling( $x$ ):** Mínimo número entero no inferior a  $x$ .

**3.2.2 floor( $x$ ):** Máximo número entero no superior a  $x$ .

**3.2.3  $f_{sc}$ :** Parámetro que representa la frecuencia de la separación de subportadoras.

**3.2.4 subportadora:** Componente fundamental de un modulador multitono discreto (DMT). El modulador divide el ancho de banda del canal en varios subcanales paralelos. La frecuencia central de cada subcanal es la subportadora con la que se modulan los bits para su transmisión por un canal.

### 4 Siglas y acrónimos

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes siglas y acrónimos:

DAB	Radiodifusión de audio digital ( <i>digital audio broadcasting</i> )
DMT	Multitono discreto ( <i>discrete multitone</i> )
EMC	Compatibilidad electromagnética ( <i>electromagnetic compatibility</i> )
ESD	Densidad espectral de energía ( <i>energy spectral density</i> )
FDS	Subtrama bidireccional simultánea en sentido descendente ( <i>full duplex compatible downstream sub-frame</i> )
FDX	Bidireccionalidad simultánea ( <i>full duplex</i> )
FM	Modulación de frecuencia ( <i>frequency modulation</i> )
FUS	Subtrama bidireccional simultánea en sentido ascendente ( <i>full duplex compatible upstream sub-frame</i> )
IAR	Radioaficionados internacionales (international amateur radio)
LESM	Máscara rechaza banda de bajas frecuencias ( <i>low-frequency edge stop-band mask</i> )
LPM	Máscara de PSD límite ( <i>limit PSD mask</i> )
MGfast	Acceso a múltiples gigabits de velocidad a terminales de abonado ( <i>multi-gigabit fast access to subscriber terminals</i> )
MIB	Base de información de gestión ( <i>management information base</i> )
MTU	Unidad transmisora-receptora de MGfast ( <i>MGfast transceiver unit</i> )
MTU-O	MTU en la unidad de red óptica ( <i>MTU at the optical network unit</i> )
MTU-R	MTU en el sitio distante ( <i>MTU at the remote site</i> ) (es decir, al final del bucle del abonado)
NM	Máscara rechaza banda ( <i>notching mask</i> )
PSD	Densidad espectral de potencia ( <i>power spectral density</i> )
PSM	Máscara de conformación de PSD ( <i>PSD shaping mask</i> )
RFI	Interferencia de radiofrecuencias ( <i>radio frequency interference</i> )

SM	Máscara de subportadora ( <i>subcarrier mask</i> )
TDD	Duplexión por división en el tiempo ( <i>time division duplexing</i> )
TxPSDM	Máscara de PSD de transmisión ( <i>transmit PSD mask</i> )

## 5 Convenios

Ninguno.

## 6 Máscara de PSD de transmisión

### 6.1 Descripción general

La máscara de PSD de transmisión (TxPSDM) se construye combinando las siguientes máscaras:

- máscara de PSD límite (LPM);
- máscara de subportadora (SM);
- máscara de conformación de PSD (PSM);
- máscara rechaza banda (NM); y
- máscara rechaza banda de bajas frecuencias (LESM).

La máscara TxPSDM que se aplica a la unidad transmisora-receptora de MGfast (MTU) en la unidad de red óptica (MTU-O) y la que se aplica en el sitio distante (MTU-R) (es decir, al final del bucle del abonado) pueden ser distintas.

En el caso de una MTU, la PSD de la señal transmitida en cualquier frecuencia nunca rebasará la TxPSDM.

La LPM (véase la cláusula 7.2.1) especifica el límite máximo absoluto de TxPSDM. La máscara de subportadora (SM), la máscara de conformación de PSD (PSM), la máscara rechaza banda (NM) y la máscara rechaza banda de bajas frecuencias (LESM) permiten reducir la TxPSDM por medio de los siguientes mecanismos:

- máscara de subportadora;
- eliminación de bandas de frecuencias específicas;
- conformación de PSD; y
- máscara de eliminación de la banda de bajas frecuencias.

Es obligatorio que tanto la MTU-O como la MTU-R admitan estos mecanismos.

La TxPSDM deberá cumplir la reglamentación nacional y regional aplicable.

NOTA 1 – Al determinar la PSD correcta que se ha de utilizar en una determinada jurisdicción, los operadores deben utilizar las herramientas suministradas para garantizar el cumplimiento de la reglamentación en materia de compatibilidad electromagnética (CEM), teniendo especialmente en cuenta la protección de receptores de los servicios de seguridad de la vida, que no deben estar inmediatamente adyacentes a los cables de derivación que transportan señales MGfast. Entre los ejemplos se cuentan los canales de radionavegación aeronáutica en ondas métricas en la banda 108-117,975 MHz, los canales de sistemas de gestión de servicios públicos por red inteligente en la banda 450-470 MHz, los canales de comunicaciones de emergencia aeronáuticas (por ejemplo, 121,5 MHz, 406 MHz) y los canales de comunicaciones de emergencia marítimas en las bandas de ondas decamétricas y métricas.

NOTA 2 – TXPSDM se define en diversos anchos de banda promedios de acuerdo con la frecuencia, como se define en el Cuadro 8-1, salvo en las subbandas en el extremo inferior de la banda de frecuencias y en la región puntos de corte definidos mediante la base de información de gestión (MIB), siendo TXPSDM\_W (ancho de banda de 1 MHz) y TXPSDM\_N (banda estrecha de 10 kHz) las máscaras que se aplican como se describe en las cláusulas 6.5 y 6.6.

NOTA 3 – En el caso del funcionamiento de punto a multipunto, múltiples MTU-R se conectan a una MTU-O. En este modo de funcionamiento, la MTU-O controla los niveles de transmisión de las señales en sentido ascendente de cada MTU-R individual, a fin de garantizar el cumplimiento de la TxPSDM durante la transmisión en sentido ascendente.

## 6.2 Máscara límite PSD (LPM)

La máscara de PSD límite (LPM) define el límite máximo absoluto de PSD de la TxPSDM que nunca deberá rebasarse. Los demás mecanismos y definiciones de máscaras utilizados para construir la TxPSDM tendrán como único efecto la reducción de la máscara a partir de los límites establecidos por la LPM.

## 6.3 Máscara de subportadora

El enmascaramiento de subportadora (SM) se utilizará para eliminar la transmisión de una o varias subportadoras. Se configura en la base de información de gestión del punto de distribución (DP-MIB) mediante el parámetro CARMASK de la UIT-T G.997.2. La potencia de transmisión de las subportadoras especificadas en la SM se pondrá a nivel cero (escala lineal). La SM anulará las demás instrucciones relacionadas con la potencia de transmisión de la subportadora.

La SM se define como una serie de bandas de frecuencias enmascaradas. Cada banda se especifica mediante un subíndice de subportadora inicial ( $x_L$ ) y un subíndice de subportadora final ( $x_H$ ), en la forma  $\{x_L, x_H\}$ . Una SM integrada por  $S$  bandas se puede representar en el formato siguiente:

$$SM(S) = [\{x_{L1}, x_{H1}\}, \{x_{L2}, x_{H2}\}, \dots \{x_{LS}, x_{HS}\}]$$

Se apagarán todas las subportadoras de la banda, es decir, con índice mayor o igual que  $x_L$  y menor o igual que  $x_H$  (potencia de transmisión igual a cero).

NOTA – La SM está prevista para incorporar tanto las subportadoras enmascaradas definidas en un anexo que estipula los requisitos regionales de modo que se puedan cumplir los reglamentos locales, como las subportadoras enmascaradas definidas por el usuario o proveedor de servicio para facilitar el despliegue local. La máscara de subportadora no se ha concebido para proteger los servicios de radiocomunicaciones; para esto se recurre a los filtros rechaza banda (véase la cláusula 6.5).

## 6.4 Conformación de la densidad espectral de potencia

La conformación de la densidad espectral de potencia (PSD) permite reducir la TxPSDM en algunas partes del espectro, principalmente en aras de la compatibilidad y la coexistencia con otras tecnologías de red de acceso y residencial. La máscara de conformación de PSD (PSM) se configura en la DP-MIB mediante el parámetro PSDMASK de la UIT-T G.997.2.

La PSM se define en la gama de frecuencias entre la subportadora inferior  $x_1$  (siendo  $x_1 = \text{ceiling}(f_{tr1}/f_{SC})$ ) y la superior  $x_H$  (siendo  $x_H = \text{floor}(f_{tr2}/f_{SC})$ ), y consta de uno o varios segmentos de frecuencia. Los límites de los segmentos se definen estableciendo puntos de corte. Dentro de cada segmento, la PSM puede ser constante o tener una pendiente lineal entre los puntos dados (en dBm/Hz) cuando la frecuencia se expresa en una escala lineal.

Cada punto de corte de la PSM se especifica mediante un índice de subportadora  $x_n$  y un valor de  $PSD_n$  en la subportadora expresada en dBm/Hz,  $\{x_n, PSD_n\}$ . La  $PSD_1$  también se aplicará a las subportadoras inferiores a  $x_1$  y la  $PSD_H$  también se aplicará a las subportadoras superiores a  $x_H$ . Una PSM integrada por  $S$  segmentos se puede representar por  $(S+1)$  puntos de corte en el siguiente formato:

$$PSM(S) = [\{x_1, PSD_1\}, \{x_2, PSD_2\} \dots \{x_S, PSD_S\}, \{x_H, PSD_H\}]$$

Las MTU deberán admitir una configuración de al menos 32 puntos de corte PSM.

Si uno o varios puntos de corte PSM se sitúan por encima de la LPM, la máscara de PSD de transmisión deberá ser igual a:  $TxPSDM = \min(PSM, LPM)$ . Todos los valores de  $PSD_n$  de los puntos de corte PSM serán superiores a  $-90$  dBm/Hz.

## 6.5 Supresión de bandas de frecuencias específicas

La MTU se habrá de poder configurar para suprimir una o varias bandas de frecuencias con el fin de proteger los servicios de radiocomunicaciones, tales como las bandas de radioaficionados o las bandas de radiodifusión. Las bandas internacionales de radioaficionados que deben suprimirse se denominarán bandas de radioaficionados internacionales (IAR), mientras que el resto de bandas que deben suprimirse se denominarán bandas de interferencia de radiofrecuencias (RFI).

Para las bandas RFI, cada banda a eliminar en la máscara rechaza banda (NM) se define mediante los índices de subportadora  $SC_{inicio}$  y  $SC_{fin}$ .

La gama válida del índice del tono inicial rechaza banda,  $SC_{inicio}$ , está formada por todos los índices de tonos válidos que son menores o iguales que la frecuencia mínima de la banda protegida menos  $f_{sc}/2$ . La gama válida del índice de tonos final rechaza banda,  $SC_{fin}$ , está formada por todos los índices de tono de corte válidos que son mayores o iguales que la frecuencia máxima de la banda protegida más  $f_{sc}/2$ .

Una MTU apoyará la supresión de 32 bandas RFI simultáneamente.

Además, una MTU apoyará la supresión de 15 bandas IAR. La frecuencia de esas bandas IAR se detalla en el Apéndice I. La MTU se habrá de poder configurar para suprimir bandas de frecuencias de radioaficionado individualmente en función de la protección necesaria.

Dentro de una banda rechaza banda se apagarán todas las subportadoras y la máscara rechaza banda (NM) será de igual a LPM  $-20$  dB.

NOTA 1 – Para cumplir los requisitos de la profundidad de supresión de TxPSDM, quizá también se tengan que apagar las subportadoras situadas a cada lado de las subportadoras enmascaradas.

Para cada banda eliminada se definen dos máscaras PSD:

- Máscara de PSD de transmisión de banda estrecha (TXPSDM\_N)  
Se define para verificar la PSD utilizando una MBW=10 kHz centrada en la frecuencia del caso.  
La TXPSDM\_N se define como el máximo de la máscara rechaza banda (NM) configurada y un límite inferior de  $-100$  dBm/Hz:
- Máscara de PSD de transmisión de banda ancha (TXPSDM\_W)  
Esta máscara se define para verificar una PSD media de banda ancha (PSD\_W) calculada matemáticamente, y que se obtiene promediando las medidas de banda estrecha (PSD\_N) (medido en una MBW=10 kHz) en una ventana de 1 MHz centrada en la frecuencia en cuestión:

$$PSD\_W(f) = 10 \times \log_{10} \left( \left( \frac{1}{100} \right) \times \sum_{i=(-49)}^{50} 10^{\left( \frac{PSD\_N(f+i \times 10 \text{kHz})}{10} \right)} \right)$$

siendo:

PSD\_N(f): PSD medida en banda estrecha en la  $f$ , expresada en dBm/Hz

PSD\_W(f): PSD media en banda ancha calculada matemáticamente en la frecuencia  $f$ , expresada en dBm/Hz.

La TXPSDM\_W se define como el máximo de la máscara rechaza banda (NM) y un límite inferior como se define para la frecuencia en cuestión en el Cuadro 6-1:

$$\text{TxPSDM}_W(f) = \max[\text{NM}(f), \text{límite inferior}(f)].$$

**Cuadro 6-1 – Requisitos del límite inferior TXPSDM\_W**

Frecuencia MHz	Límite inferior TXPSDM_W [dBm/Hz]
2,0-4,0	-100
4,0-5,0	-110
> 5,0	-112

En el caso de las bandas eliminadas de anchura inferior a 1 MHz:

- la PSD de transmisión sólo tiene que satisfacer la máscara de PSD de transmisión de banda estrecha TxPSDM\_N, y sólo para frecuencias  $(\text{SC}_{\text{inicio}} \times f_{\text{SC}} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (\text{SC}_{\text{fin}} \times f_{\text{SC}} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ .

En el caso de bandas eliminadas de anchura mayor o igual a 1 MHz:

- la PSD de transmisión tiene que satisfacer la máscara de PSD de transmisión de banda estrecha TxPSDM\_N, para frecuencias  $(\text{SC}_{\text{inicio}} \times f_{\text{SC}} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (\text{SC}_{\text{fin}} \times f_{\text{SC}} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ , y
- la PSD de transmisión media de banda ancha PSD (PSD\_W(f)) tiene que satisfacer la máscara de PSD de transmisión de banda ancha TxPSDM\_W para frecuencias  $(\text{SC}_{\text{inicio}} \times f_{\text{SC}} + \frac{1}{2} \times \text{MBW} + 0,5 \text{MHz}) < f < (\text{SC}_{\text{fin}} \times f_{\text{SC}} - \frac{1}{2} \times \text{MBW} - 0,5 \text{MHz})$ . El valor de la máscara con el que se habrá de comparar será el valor máximo que toma la máscara en una ventada de 1 MHz  $[f - 0,5 \text{ MHz}, f + 0,5 \text{ MHz}]$ .

En el Apéndice II se detallan las frecuencias de los servicios de radiodifusión (modulación de frecuencias (FM), radiodifusión sonora digital (DAB), comunicación aeronáutica y radionavegación).

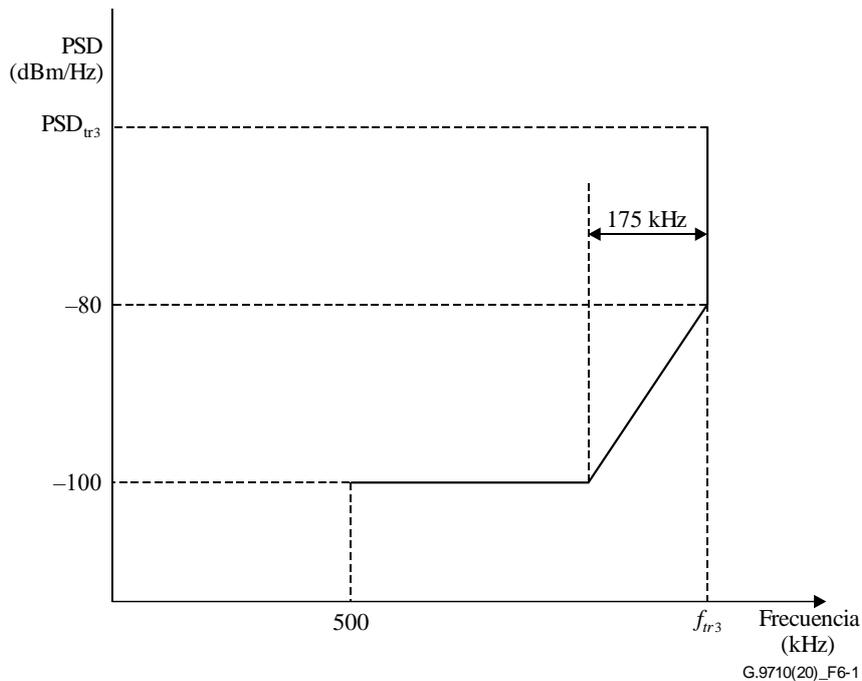
Cada uno de los servicios FM, DAB y otros puede requerir una configuración diferente, en función de las características del servicio de radiocomunicaciones en cuestión.

NOTA 2 – Puede utilizarse la máscara NM para eliminar estaciones de radiodifusión concretas, dependiendo de la utilización del espectro.

## 6.6 Máscara rechaza banda de bajas frecuencias

Para la máscara rechaza banda de bajas frecuencias (LESM), se definen dos máscaras PSD:

- Máscara de PSD de transmisión de banda estrecha (TXPSDM\_N)  
Esta máscara se define para verificar la PSD utilizando una MBW=10 kHz centrada en la frecuencia del caso.  
La TXPSDM\_N se define como se muestra en la Figura 6-1, donde PSD<sub>tr3</sub> es el valor de la LPM dentro de la banda a la frecuencia  $f_{tr3}$ . Los valores en la banda de transición se obtienen por interpolación lineal en dB mediante una escala lineal de frecuencias.  
La PSD de transmisión tiene que ajustarse a la máscara de PSD de transmisión de banda estrecha, TxPSDM\_N, para frecuencias  $(0,5 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (f_{tr3} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ , siendo  $f_{tr1} \leq f_{tr3} \leq 30 \text{ MHz}$ . Los valores de la PSD por encima de la frecuencia de transición  $f_{tr1}$  se consideran dentro de la banda y se definen en la cláusula 7.2.1.1.



**Figura 6-1 – Máscara rechaza banda de bajas frecuencias**

- Máscara de PSD de transmisión de banda ancha (TXPSDM\_W)  
 La finalidad de esta máscara verificar la PSD media de banda ancha calculada matemáticamente en una ventana de 1 MHz ( $PSD_W(f)$ ) como se define en la cláusula 6.5.  
 La  $TXPSDM_W(f)$  se define en el Cuadro 6.2 para la frecuencia en cuestión.  
 La PSD media de transmisión en banda ancha ( $PSD_W(f)$ ) ha de satisfacer la máscara de PSD de transmisión de banda ancha TxPSDM\_W para frecuencias  $(2,0 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW} + 0,5 \text{ MHz}) < f < (f_{tr3} - 175 \text{ kHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW} - 0,5 \text{ MHz})$ . Los valores de la máscara se han de comparar con el valor máximo que toma la máscara en la ventana 1 MHz [ $f - 0,5 \text{ MHz}, f + 0,5 \text{ MHz}$ ].

**Cuadro 6-2 – Requisitos de LESM TXPSDM\_W**

Frecuencia (MHz)	LESM TXPSDM_W (dBm/Hz)
2,0 a 4,0	-100
4,0 a 5,0	-110
> 5,0	-112

## 7 Especificación del contenido espectral

### 7.1 Tipo de PSD

Cada tipo de PSD especifica los valores normativos del siguiente parámetro:

- máscara de PSD límite (LPM).

En el Cuadro 7-1 se indican los parámetros válidos de cada tipo de PSD.

**Cuadro 7-1 – Parámetros del tipo de PSD**

Parámetro	Tipo de PSD (Nota)	
	424 MHz	848 MHz
LPM	Véase la cláusula 7.2.1.	Pendiente de estudio.
NOTA – Se podrán definir otros tipos de PSD en el futuro, siempre y cuando queden comprendidos dentro de la máscara de PSD límite especificada en la presente Recomendación.		

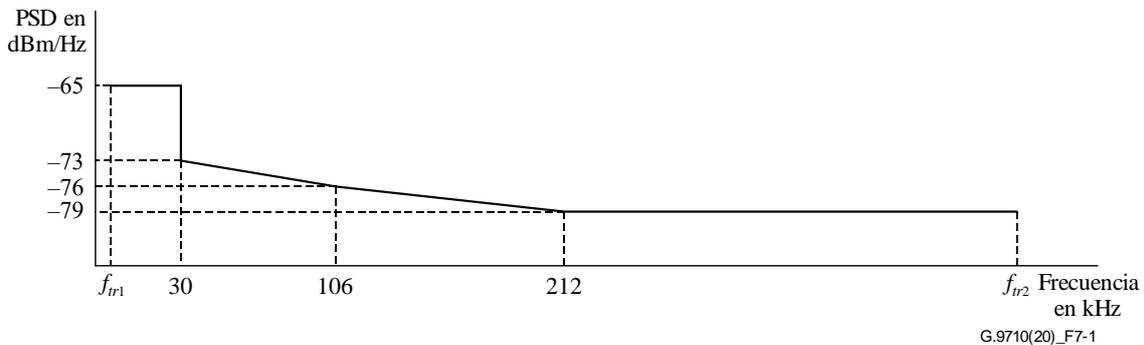
**7.2 Especificaciones de la máscara de PSD**

**7.2.1 Máscara de PSD límite (LPM)**

La máscara de PSD límite (LPM) representa el máximo absoluto que la TxPSDM nunca deberá rebasar. Las LPM dentro de la banda para el tipo de PSD de 424 MHz se describe en la cláusula 7.2.1.1. Las LPM fuera de la banda se definen en la cláusula 7.2.1.2.

**7.2.1.1 LPM dentro de la banda**

Las LPM dentro de la banda para el tipo de PSD de 424 MHz se describe en la Figura 7-1. Los parámetros de esta LPM se representan en el Cuadro 7-2.



**Figura 7-1 – Máscara de PSD límite dentro de la banda para el tipo de PSD de 424 MHz**

**Cuadro 7-2 – Parámetros de la LPM dentro de la banda para el tipo de PSD de 424 MHz**

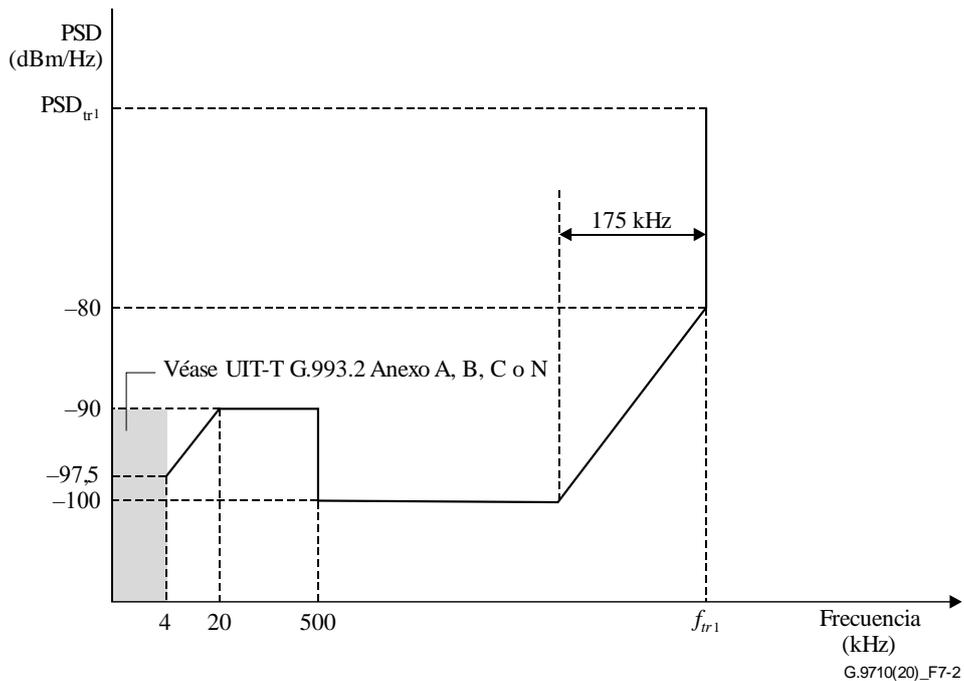
Parámetro	Frecuencia (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Descripción
$f_{ir1}$	2	-65	La LPM por debajo de $f_{ir1}$ se define en la cláusula 7.2.1.2.
	30	-65	
	30	-73	Los valores de PSD límite entre los punto indicados se obtendrán por interpolación lineal en dB en una escala lineal de frecuencias. La LPM por encima de $f_{ir2}$ se define en la cláusula 7.2.1.2.
	106	-76	
	212	-79	
$f_{ir2}$	424	-79	

NOTA – Cuando se recurre a una conformación del espectro adicional, como se describe en la cláusula 6 (por ejemplo, en aras de la compatibilidad del espectro o para cumplir el límite de potencia de banda ancha) se podrían reducir diversas partes de la TxPSDM apagando algunas subportadoras o reduciendo su potencia de transmisión. Si fuese necesario, también se podrían aplicar otros filtros rechaza banda.

### 7.2.1.2 LPM fuera de banda

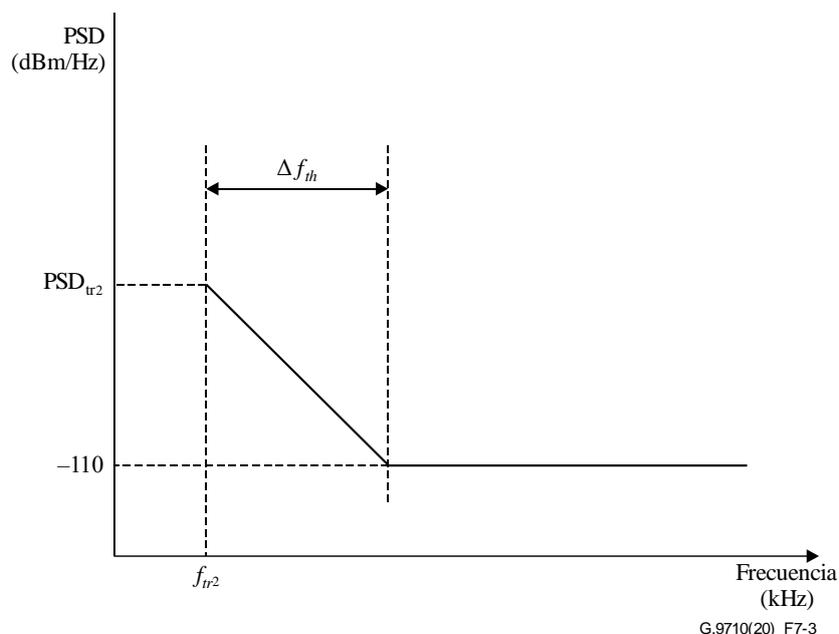
La LPM fuera de banda tendrá la forma indicada en la Figura 7-2 para el extremo de bajas frecuencias, y en la Figura 7-3 en altas frecuencias, donde  $PSD_{tr1}$  es el valor de la LPM dentro de la banda a la frecuencia  $f_{tr1}$  y  $PSD_{tr2}$  es el valor de la LPM dentro de la banda a la frecuencia  $f_{tr2}$ . Los parámetros de estas LPM se indican en el Cuadro 7-3 y el Cuadro 7-4, respectivamente.

La LPM fuera de banda se aplica a todas las frecuencias por debajo de la frecuencia de transición inferior  $f_{tr1}$  y a las frecuencias por encima de la frecuencia de transición superior  $f_{tr2}$ . Los valores de la PSD entre las frecuencias de transición  $f_{tr1}$  y  $f_{tr2}$  se consideran dentro de la banda y se definen en la cláusula 7.2.1.1.



**Figura 7-2 – LPM fuera de la banda en bajas frecuencias**

Los requisitos para frecuencias inferiores a 4 kHz se especifican en los Anexos A, B, C y N de [UIT-T G.993.2] para las regiones de Norteamérica, Europa, Japón y China, respectivamente.



**Figura 7-3 – LPM fuera de la banda en altas frecuencias**

**Cuadro 7-3 – Parámetros de LPM fuera de banda a bajas frecuencias**

$f_{tr1}$ (MHz)	PSD <sub>tr1</sub> (dBm/Hz)	Descripción
2	-65	<p>El de PSD límite en la frecuencia de transición <math>f_{tr1}</math> cae de PSD<sub>tr1</sub> a -80 dBm/Hz.</p> <p>El de PSD límite en la banda de transición se obtendrá por interpolación lineal en dB mediante una escala lineal de frecuencias.</p> <p>El de PSD límite entre 4 y 20 kHz se obtendrá por interpolación lineal en dB mediante una escala <math>\log(f)</math>.</p> <p>Las subportadoras por debajo de <math>f_{tr1}</math> no se utilizarán para la transmisión (ni datos ni ninguna otra información auxiliar).</p>

**Cuadro 7-4 – Parámetros de la LPM fuera de banda a altas frecuencias**

$f_{tr2}$ (MHz)	PSD <sub>tr2</sub> (dBm/Hz)	Banda de transición, $\Delta f_{th}$ (MHz)	Descripción
424	-79	80	<p>El límite PSD en la banda de transición (<math>\Delta f_{th}</math>) se obtendrá por interpolación lineal en dB con una escala lineal de frecuencias.</p> <p>Las subportadoras superiores <math>f_{tr2}</math> no se utilizarán para la transmisión (ni datos ni ninguna otra información auxiliar).</p>

### 7.2.2 Subportadoras enmascaradas permanentemente

En el caso del perfil de 424 MHz, las subportadoras con índices entre 0 y 39 (inclusive) se enmascararán de manera permanente. No se utilizarán para la transmisión (ni datos ni ninguna otra información auxiliar).

## 8 Verificación de la PSD de transmisión

Los valores de la máscara de PSD de transmisión se han definido en esta Recomendación suponiendo que la transmisión es continua. En sistemas que utilizan el modo duplexión por división en el tiempo (TDD), la transmisión en cada sentido no es continua sino que sólo se produce durante los periodos de tiempo designados. En los sistemas que utilizan el modo de bidireccionalidad simultánea (FDX), en un sentido de transmisión determinado, la PSD de transmisión de la subtrama bidireccional simultánea en sentido descendente (FDS) puede diferir de la correspondiente a la subtrama bidireccional simultánea en sentido ascendente (FUS). Este factor se habrá de tener en cuenta en el procedimiento de medición empleado.

La anchura de banda de medición (MBW) para calcular la PSD será la definida en el Cuadro 8-1 y estará centrada en la frecuencia del caso.

El valor de la máscara con la que se habrá de comparar será el valor máximo que toma la máscara en una ventana de  $[f - \frac{1}{2} \times \text{MBW}, f + \frac{1}{2} \times \text{MBW}]$ .

NOTA – Si en una determinada gama de frecuencias están definidas tanto la máscara de PSD de transmisión de banda estrecha (TXPSDM\_N) y la de banda ancha (TXPSDM\_W), los valores de la MBW definidos en esta cláusula se refieren a las mediciones de la PSD de banda estrecha, PSD\_N.

Las máscaras PSD especificadas corresponden a la impedancia de terminación de referencia, definida en las cláusulas P.1 y Q.1.

**Cuadro 8-1 – Configuración de anchura de banda de medición para la verificación de la PSD de transmisión**

Banda de frecuencias	Anchura de banda de medición (MBW)
$4 \text{ kHz} < f < 20 \text{ kHz}$	1 kHz
$20 \text{ kHz} < f < f_{ir1}$	10 kHz
$(f_{ir1} + \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ a $(30 \text{ MHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$(30 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ a $(f_{ir2} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$> f_{ir2}$ a 300 MHz	100 kHz
Toda banda de frecuencias eliminada	10 kHz

## **Anexo A al Anexo O**

*Los Anexos A a O se han dejado en blanco intencionadamente.*

## **Anexo P**

### **Adaptación al medio de par trenzado**

(Este anexo forma parte integral de la presente Recomendación.)

#### **P.1 Impedancia de terminación**

Para un emisor-receptor que funciona por cables de par trenzado, se utilizará una impedancia de terminación de  $R_V = 100 \text{ Ohm}$ , puramente resistiva, en la interfaz U tanto para la MTU-O como para la MTU-R. En particular, se utilizará  $R_V = 100 \text{ Ohm}$  como una terminación para la definición y verificación de la PSD de transmisión y de la potencia de transmisión combinada.

## **Anexo Q**

### **Adaptación al medio de par trenzado**

(Este anexo forma parte integral de la presente Recomendación.)

#### **Q.1 Impedancia de terminación**

Para un emisor-receptor que funciona por cables coaxiales, se utilizará una impedancia de terminación de  $R_v = 75 \text{ Ohm}$ , puramente resistiva, en la interfaz U tanto para la MTU-O como para la MTU-R. En particular, se utilizará  $R_v = 75 \text{ Ohm}$  como una terminación para la definición y verificación de la PSD de transmisión y de la potencia de transmisión.

#### **Q.2 Verificación de la PSD de transmisión**

En sistemas que funcionan por cables coaxiales y utilizan el modo FDX, en un sentido de transmisión determinado, la PSD de transmisión de las subtramas FDS y FUS será la misma. Este factor se habrá de tener en cuenta en el procedimiento de medición empleado.

## Apéndice I

### Bandas internacionales de radioaficionados

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En el Cuadro I.1 se facilita la lista de bandas internacionales de radioaficionados en la gama de frecuencias 1,8 MHz – 900 MHz.

**Cuadro I.1 – Bandas internacionales de radioaficionados  
en la gama de frecuencias 1,8 MHz – 900 MHz**

<b>Inicio (kHz)</b>	<b>Fin (kHz)</b>
1 800	2 000
3 500	4 000
5 351,5	5 366,5
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700
50 000	54 000
69 900	70 500
144 000	148 000
219 000	225 000
420 000	450 000

## Apéndice II

### Otros servicios de comunicación aeronáutica, radionavegación y radiodifusión

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En el Cuadro II.1 se facilita la lista de otros servicios de comunicación aeronáutica, radionavegación y radiodifusión en la gama de frecuencias 1,8 MHz – 900 MHz

**Cuadro II.1 – Otros servicios de comunicación aeronáutica, radionavegación y radiodifusión en la gama de frecuencias 1,8 MHz – 900 MHz**

<b>Servicio</b>	<b>Inicio (kHz)</b>	<b>Fin (kHz)</b>
FM	87 500	108 000
Televisión digital terrenal (Región 2)	174 000	216 000
Televisión digital terrenal/Radiodifusión digital sonora (Regiones 1 y 3)	174 000	230 000
Sistemas de gestión de servicios públicos por red inteligente	450 000	470 000
COSPAS-SARSAT RBLs	460 000	460 100

## Apéndice III

### Definición de la PSD del transmisor (TXPSD) para transmisiones no continuas

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En este apéndice se da una definición formal de la densidad espectral de potencia de transmisión (TXPSD) para señales formadas por un flujo de símbolos que incluye periodos de silencio, como las señales producidas por los sistemas DMT por división en el tiempo.

En este apéndice se define la TXPSD aplicable a un flujo de símbolos transmitidos, a un flujo perforado de símbolos o a un flujo continuo de símbolos. Los símbolos transmitidos son todos los símbolos transmitidos durante el periodo de transmisión en el sentido de transmisión. Existen dos periodos de transmisión en el marco de la PDX, a saber FDS y FUS. La medición de la TXPSD de cada uno de los periodos de transmisión antes mencionados se realiza por separado. Quedan excluidas las posiciones de los símbolos de silencio en el periodo de transmisión. La correspondiente técnica de medición excede el alcance del presente Apéndice.

En este apéndice se define la TXPSD mediante una variable intermedia, la "PSD de símbolos del transmisor" (TXSPSD). La TXSPSD se define en relación con la expectativa de la densidad espectral de energía (ESD) de los símbolos transmitidos en un determinado sentido.

La ESD de una forma de onda de tensión de símbolos  $V_s(t)$  puede obtenerse a partir de la impedancia de referencia de  $100 \Omega$ .

$$ESD(V_s, f) = \frac{1}{R_0} \left| \int_{-\infty}^{\infty} V_s(t) \cdot e^{-i2\pi ft} dt \right|^2 \text{ (en unidades de Joule/Hz)}$$

$$R_0 = 100 \Omega$$

La TXSPSD se deriva de la ESD prevista de un conjunto de símbolos transmitidos en un periodo de transmisión concreto (FDS o FUS).

$$TXSPSD(f) = f_{DMT} \cdot E[ESD(V(t), f); V \in S] \text{ (en unidades de W/Hz)}$$

$$S = \{S_0, S_1, \dots, S_N\}$$

$S_0, S_1, \dots, S_N$  es una secuencia válida de símbolos transmitidos en un periodo de transmisión concreto (FDS o FUS).

$E[x]$  es la esperanza estadística de  $x$ .

Esta normalización al periodo de símbolos garantiza que el límite de una secuencia infinita de símbolos tiene una TXSPSD que converge a la PSD clásica obtenida a partir de la transformada de Fourier de la función de autocorrelación.

La TXPSD verificable se define en un determinado ancho de banda  $bw$ , mediante la siguiente expresión:

$$TXPSD(bw, f) = 30 + 10 \times \log_{10} \left( \frac{1}{bw} \int_{f-\frac{bw}{2}}^{f+\frac{bw}{2}} TXSPSD(f_b) df_b \right) \text{ (en unidades de dBm/Hz)}$$

$TXPSDM(f)$  es el nivel máximo permitido de  $TXPSD(bw, f)$  de una secuencia de símbolos larga.

Los métodos para verificar la conformidad quedan fuera del alcance de la presente Recomendación.

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación