

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.9901**

(11/2012)

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

Redes de acceso – Redes internas

---

**Transceptores de comunicación por la línea eléctrica de banda estrecha con modulación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) – Especificación de la densidad espectral de potencia**

Recomendación UIT-T G.9901

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 internas</b>	<b>G.9900–G.9999</b>

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

## Recomendación UIT-T G.9901

### Transceptores de comunicación por la línea eléctrica de banda estrecha con modulación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) – Especificación de la densidad espectral de potencia

#### Resumen

En la Recomendación UIT-T G.9901 se especifican los parámetros de control que determinan el contenido espectral, los requisitos de la máscara de densidad espectral de potencia (PSD), una serie de herramientas para el soporte de la reducción de la PSD de transmisión, los medios para medir esa PSD en la transmisión por líneas eléctricas, así como la potencia total de transmisión permitida con una impedancia de terminación especificada. Esta Recomendación complementa a las especificaciones de la arquitectura de sistema, la capa física (PHY) y la capa de enlace de datos (DLL) de las Recomendaciones UIT-T G.9902 (G.hnem), UIT-T G.9903 (G3-PLC) y UIT-T G.9904 (PRIME).

Esta Recomendación utiliza la información recogida en la Recomendación UIT-T G.9955 y su Enmienda 1, en particular la del cuerpo principal, el Anexo A, el Anexo B y el Anexo E. No se ha añadido información técnica nueva.

#### Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único <sup>1</sup>
1.0	ITU-T G.9901	2012-11-20	15	<a href="http://11.1002/1000/11827-en">11.1002/1000/11827-en</a>
1.1	ITU-T G.9901 (2012) Amd. 1	2013-07-12	15	<a href="http://11.1002/1000/11895-en">11.1002/1000/11895-en</a>

<sup>1</sup> 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-en>.

## 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 no 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 2014

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 esta Recomendación .....	2
4 Abreviaturas y acrónimos .....	2
5 Convenios .....	2
6 Especificaciones relacionadas con la densidad espectral de potencia (PSD) en bandas CENELEC (9-148,5 kHz).....	2
Anexo A – Especificación de PSD para transceptores G.hnem.....	3
A.1    Especificación de la banda de frecuencias .....	3
A.2    Máscara PSD de transmisión.....	5
A.3    Especificación eléctrica .....	6
Anexo B – Especificación de PSD para transceptores G3-PLC .....	8
B.1    Especificación de la banda de frecuencias .....	8
B.2    Especificaciones de la máscara PSD (filtro de banda eliminada) .....	9
Anexo C – Especificación de PSD para transceptores PRIME .....	12
C.1    Introducción.....	12
C.2    Parámetros PHY .....	12
C.3    Parámetros del preámbulo .....	13
C.4    Especificación eléctrica del transmisor .....	13



## Recomendación UIT-T G.9901

### Transceptores de comunicación por la línea eléctrica de banda estrecha con modulación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) – Especificación de la densidad espectral de potencia

#### 1 Alcance

En la Recomendación UIT-T G.9901 se especifican los parámetros de control que determinan el contenido espectral, los requisitos de la máscara de densidad espectral de potencia (PSD), una serie de herramientas para el soporte de la reducción de la PSD de transmisión, los medios para medir esa PSD en la transmisión por líneas eléctricas, así como la potencia total de transmisión permitida con una impedancia de terminación especificada. Esta Recomendación complementa a las especificaciones de la arquitectura de sistema, la capa física (PHY) y la capa de enlace de datos (DLL) de las Recomendaciones UIT-T G.9902 (G.hnem), UIT-T G.9903 (G3-PLC) y UIT-T G.9904 (PRIME).

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [UIT-T G.9902] Recomendación UIT-T G.9902 (2012), *Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexación por división ortogonal de frecuencia – G.hnem.*
- [UIT-T G.9903] Recomendación UIT-T G.9903 (2012), *Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexación por división ortogonal de frecuencia – G3-PLC.*
- [UIT-T G.9904] Recomendación UIT-T G.9904 (2012), *Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexación por división ortogonal de frecuencia – PRIME.*
- [IEC 60050-161] IEC 60050-161 (1990), *International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 161: Electromagnetic compatibility.*
- [IEC 61334-5-1] IEC 61334-5-1 (2001), *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 5-1: Lower layer profiles – The spread frequency shift keying (S-FSK) profile.*
- [CISPR 16-1] IEC CISPR 16-1 (1993), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus.*
- [CISPR 16-2] IEC CISPR 16-2 (1996), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 2: Methods of measurement of disturbances and immunity.*

[EN50065-1] CENELEC EN 50065-1 (2011), *Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances.*

### 3 Definiciones

#### 3.1 Términos definidos en otros documentos

Ninguno.

#### 3.2 Términos definidos en esta Recomendación

**3.2.1 banda (*bandplan*):** Una determinada gama del espectro de frecuencias donde opera un dispositivo NB-PLC. La banda está definida por una frecuencia inferior y una superior.

### 4 Abreviaturas y acrónimos

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

AMN	Red eléctrica artificial ( <i>artificial mains network</i> )
LISN	Red de estabilización de impedancia de línea ( <i>line impedance stabilization network</i> )
LPM	Máscara de PSD límite ( <i>limit PSD mask</i> )
NB-PLC	Comunicaciones por línea eléctrica de banda estrecha ( <i>narrowband power line communications</i> )
OFDM	Multiplexación por división de frecuencia ortogonal ( <i>orthogonal frequency division multiplexing</i> )
PHY	Capa física ( <i>physical layer</i> )
PLC	Comunicaciones por la línea eléctrica ( <i>power line communications</i> )
PSD	Densidad espectral de potencia ( <i>power spectral density</i> )
TN	Red de terminación ( <i>termination network</i> )

### 5 Convenios

Ninguno.

### 6 Especificaciones relacionadas con la densidad espectral de potencia (PSD) en bandas CENELEC (9-148,5 kHz)

Se aplicarán las cláusulas 6, 7, 8 y 9 de [EN50065-1].

## Anexo A

### Especificación de PSD para transceptores G.hnem

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

NOTA – En este anexo se presentan las especificaciones de densidad espectral de potencia (PSD) relacionadas con [UIT-T G.9902].

#### A.1 Especificación de la banda de frecuencias

A fin de cumplir con los requisitos de la presente Recomendación, es obligatorio soportar al menos una de las bandas CENELEC y al menos una de las bandas FCC.

##### A.1.1 Banda CENELEC

Cuando se utilice la banda CENELEC (3-148,5 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro A.1 (véase § 8.4.7 de [UIT-T G.9902]).

**Cuadro A.1 – Parámetros de control del modulador OFDM para la banda CENELEC**

Notación	Valor
$N$	128
$F_{SC}$	1,5625 kHz
$N_{GI-PL}$	12 – 1, mapeado de 2 bits 24 – 3, mapeado de 4 bits
$N_{GI-HD}$	0
$N_{GI-CES}$	0
$\beta$	8
$F_{US}$	$64 \times F_{SC}$

La banda CENELEC se divide en subbandas que forman las bandas A, B y CD descritas en esta cláusula.

##### A.1.1.1 Banda CENELEC-A

Los parámetros para la banda CENELEC-A se definen en el Cuadro A.2.

**Cuadro A.2 – Parámetros para la banda CENELEC-A**

Notación	Valor	Nota
$F_{START}$	35,9375 kHz	Frecuencia más baja de la banda CENELEC-A (subportadora número 23)
$F_{END}$	90,625 kHz	Frecuencia más alta de la banda CENELEC-A (subportadora número 58)
PMSC	0 a 22, 59 a 127	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

### A.1.1.2 Banda CENELEC-B

Los parámetros para la banda CENELEC-B se definen en el Cuadro A.3.

**Cuadro A.3 – Parámetros para la banda CENELEC-B**

Notación	Valor	Nota
$F_{START}$	98,4375 kHz	Frecuencia más baja de la banda CENELEC-B (subportadora número 63)
$F_{END}$	120,3125 kHz	Frecuencia más alta de la banda CENELEC-B (subportadora número 77)
PMSC	0 a 62, 78 a 127	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

### A.1.1.3 Banda CENELEC-CD

Los parámetros para la banda CENELEC-CD se definen en el Cuadro A.4.

**Cuadro A.4 – Parámetros para la banda CENELEC-CD**

Notación	Valor	Nota
$F_{START}$	125 kHz	Frecuencia más baja de la banda CENELEC-CD (subportadora número 80)
$F_{END}$	143,75 kHz	Frecuencia más alta de la banda CENELEC-CD (subportadora número 92)
PMSC	0 a 79, 93 a 127	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

### A.1.2 Banda FCC

Cuando se utilice la banda FCC (9-490 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro A.5 (véase la cláusula 8.4.7 de [UIT-T G.9902]).

**Cuadro A.5 – Parámetros de control del modulador OFDM para la banda FCC**

Notación	Valor
$N$	256
$F_{SC}$	3,125 kHz
$N_{GI}$	24 – 1, mapeado de 2 bits 48 – 3, mapeado de 4 bits
$N_{GI-HD}$	0
$N_{GI-CES}$	0
$\beta$	16
$F_{US}$	$128 \times F_{SC}$

En las siguientes subcláusulas se describen las bandas FCC, FCC-1 y FCC-2 dentro de la banda FCC. Quedan en estudio otras bandas dentro de la banda FCC.

### A.1.2.1 Banda FCC

En el Cuadro A.6 se definen los parámetros para la banda FCC.

**Cuadro A.6 – Parámetros para la banda FCC**

Notación	Valor	Nota
$F_{START}$	34,375 kHz	Frecuencia más baja de la banda FCC (subportadora número 11)
$F_{END}$	478,125 kHz	Frecuencia más alta de la banda FCC (subportadora número 153)
PMSC	0 a 10, 154 a 255	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

### A.1.2.2 Banda FCC-1

Los parámetros para la banda FCC-1 se definen en el Cuadro A.7.

**Cuadro A.7 – Parámetros para la banda FCC-1**

Notación	Valor	Nota
$F_{START}$	34,375 kHz	Frecuencia más baja de la banda FCC (subportadora número 11)
$F_{END}$	137,5 kHz	Frecuencia más alta de la banda FCC (subportadora número 44)
PMSC	0 a 10, 45 a 255	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

### A.1.2.3 Banda FCC-2

Los parámetros para la banda FCC-2 se definen en el Cuadro A.8.

**Cuadro A.8 – Parámetros para la banda FCC-2**

Notación	Valor	Nota
$F_{START}$	150 kHz	Frecuencia más baja de la banda FCC (subportadora número 48)
$F_{END}$	478,125 kHz	Frecuencia más alta de la banda FCC (subportadora número 153)
PMSC	0 a 47, 154 a 255	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

## A.2 Máscara PSD de transmisión

### A.2.1 Aplicación de filtro de banda eliminada

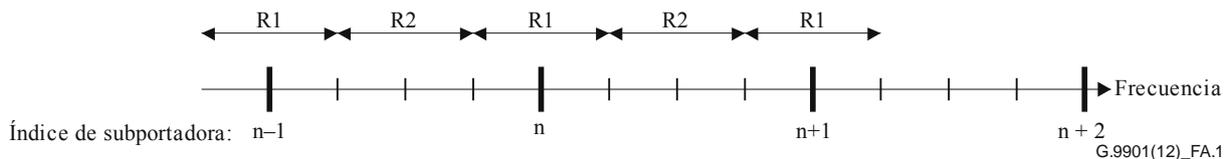
[UIT-T G.9902] soporta la aplicación de filtros de banda eliminada con fines reglamentarios y de coexistencia. El filtro se aplicará a todos los componentes de la trama PHY (preámbulo, PFH, CES y cabida útil) y a todas las tramas PHY transmitidas en el dominio.

Si el filtro de banda eliminada se aplica enmascarando subportadoras, las subportadoras enmascaradas se determinarán siguiendo las siguientes reglas:

- Una región de frecuencias entre dos subportadoras consecutivas ( $F_{SC}$ ) se divide en cuatro secciones con idéntico espaciamiento, que posteriormente se agrupan en dos regiones iguales: R1 alrededor de cada subportadora y R2 en medio de dos subportadoras, como se muestra en la Figura A.1.

- Si la banda filtrada coincide con la región R1 de una subportadora, esta subportadora y las dos subportadoras adyacentes estarán enmascaradas (es decir, en total tres subportadoras,  $(n-1)$ ,  $n$  y  $(n+1)$ ), si la frecuencia filtrada coincide con la región R1 que contiene la subportadora  $n$ ).
- Si la banda filtrada coincide con la región R2, las dos subportadoras más cercanas por ambos lados estarán enmascaradas (es decir, en total cuatro subportadoras,  $(n-1)$ ,  $n$ ,  $(n+1)$  y  $(n+2)$ ), si la banda filtrada coincide con la región R2 entre las subportadoras  $n$  y  $(n+1)$ ).

NOTA – En función de la posición relativa de la frecuencia a que se ha de aplicar el filtro con respecto a las subportadoras, puede variar el número de subportadoras enmascaradas, pero la banda filtrada está como mínimo a  $7F_{sc}/4$  kHz de la subportadora más próxima no enmascarada.



**Figura A.1 – Aplicación de filtro de banda eliminada**

### A.3 Especificación eléctrica

#### A.3.1 Límites de la señal de transmisión

Los métodos y aparatos de medición utilizados para los detectores de cuasi-cresta, cresta y media serán los definidos en [CEI 60050-161].

##### A.3.1.1 Bandas CENELEC

En todas las bandas CENELEC especificadas en la cláusula A.1.1, los transeptores G.9902 se ajustarán a los límites de la señal de transmisión dentro de banda y fuera de banda especificados en la cláusula 6 de [EN50065-1]. Estos límites se cumplirán cuando se carguen en la red eléctrica artificial (AMN) normalizada que se especifica en la Figura 1 de [EN50065-1], conectada como se indica en la cláusula 6 de [EN50065-1], para dispositivos monofásicos y trifásicos.

##### A.3.1.2 Bandas FCC

En todas las bandas FCC especificadas en la cláusula A.1.2 se observarán los siguientes límites:

- 1) La intensidad de la señal de salida medida con un detector de cresta en una anchura de banda de 200 Hz no superará, en ninguna porción de la banda de frecuencias, los 120 dB ( $\mu$ V), cuando se cargue en una red de terminación normalizada (TN).
- 2) La intensidad de la señal de salida medida con un detector de cresta en toda la banda, cuando se cargue en una TN normalizada, no rebasará los 134 dB( $\mu$ V) en FCC-1 y no rebasará los 137 dB( $\mu$ V) en FCC y FCC-2. Quedan en estudio los límites de la señal de transmisión más altos para las líneas de media tensión (MV).
- 3) La intensidad de la señal de salida medida fuera de la anchura de banda espectral de la banda no rebasará los siguientes valores:
  - En la gama de frecuencias entre 9 kHz y 150 kHz, el límite de la intensidad de la señal de salida medida con un detector de cuasi-cresta con una anchura de banda de resolución de 200 Hz decrecerá linealmente en función del logaritmo de frecuencia de 89 dB ( $\mu$ V) a 9 kHz hasta 66 dB ( $\mu$ V) a 150 kHz.
  - En la gama de frecuencias entre 150 kHz y 535 kHz, el límite de la intensidad de la señal de salida medida con un detector de cuasi-cresta con una anchura de banda de resolución de 9 kHz decrecerá linealmente en función del logaritmo de frecuencia de 66 dB ( $\mu$ V) a 150 kHz hasta 60 dB ( $\mu$ V) a 535 kHz.

La definición de anchura de banda espectral se ajustará a la Figura 1 de [EN50065-1].

#### **A.3.1.3 Bandas de frecuencias con filtro de banda eliminada**

La intensidad de la señal de salida medida con un detector de cuasi-cresta con una anchura de banda de 200 Hz no superará en ninguna porción de la banda filtrada los 70 dB ( $\mu\text{V}$ ), cuando se cargue en una red de terminación normalizada (TN).

#### **A.3.1.4 Red de terminación normalizada FCC**

La red de terminación normalizada, TN, se utilizará exclusivamente para verificar los límites de la señal de transmisión. La impedancia de la TN se formará como una carga resistiva de  $50 \Omega$  conectada en paralelo con una inductancia de  $50 \mu\text{H}$  en una red de estabilización de impedancia de línea (LISN) FCC.

Quedan en estudio otros tipos de red de terminación.

## Anexo B

### Especificación de PSD para transceptores G3-PLC

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

NOTA – En este anexo se presentan las especificaciones de densidad espectral de potencia (PSD) relacionadas con [UIT-T G.9903].

#### B.1 Especificación de la banda de frecuencias

Cuando se utilice la banda CENELEC (3-148,5 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.1.

**Cuadro B.1 – Parámetros de control del modulador OFDM para la banda CENELEC**

Número de puntos FFT	$N = 256$
Número de muestras solapadas	$N_O = 8$
Número de muestras de prefijo cíclico	$N_{CP} = 30$
Número de símbolos FCH	$N_{FCH} = 13$
Frecuencia de muestreo	$F_s = 0,4 \text{ MHz}$
Número de símbolos en el preámbulo	$N_{pre} = 9,5$

#### B.1.1 Banda CENELEC-A

Cuando se utilice la banda CENELEC-A, un nodo utilizará los parámetros especificados en el Cuadro B.2

**Cuadro B.2 – Parámetros de la banda CENELEC-A**

	Número de subportadoras	Primera subportadora (kHz)	Última subportadora (kHz)
CENELEC A	36	35,938	90,625

#### B.1.2 Banda FCC

Cuando se utilice la banda FCC (9-490 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.3.

**Cuadro B.3 – Parámetros de control del modulador OFDM para la banda CENELEC**

Número de puntos FFT	$N = 256$
Número de muestras solapadas	$N_O = 8$
Número de muestras de prefijo cíclico	$N_{CP} = 30$
Número de símbolos FCH	$N_{FCH} = 12$
Frecuencia de muestreo	$F_s = 1,2 \text{ MHz}$
Número de símbolos en el preámbulo	$N_{pre} = 9,5$

### B.1.2.1 Banda FCC

Cuando se utilice la banda FCC (9-490 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.4.

**Cuadro B.4 – Parámetros para la banda FCC**

Banda	Número de subportadoras	Primera subportadora (kHz)	Última subportadora (kHz)
FCC-1	72	154,6875	487,5

### B.1.2.2 Bandas FCC-1.a y FCC-1.b opcionales

Además de la banda FCC-1 principal, un nodo puede opcionalmente soportar las bandas FCC-1.a y FCC-1.b con los parámetros especificados en el Cuadro B.5.

**Cuadro B.5 – Parámetros de las bandas FCC opcionales**

	Número de subportadoras	Primera subportadora (kHz)	Última subportadora (kHz)
FCC-1.a	24	154,687	262,5
FCC-1.b	40	304,687	487,5

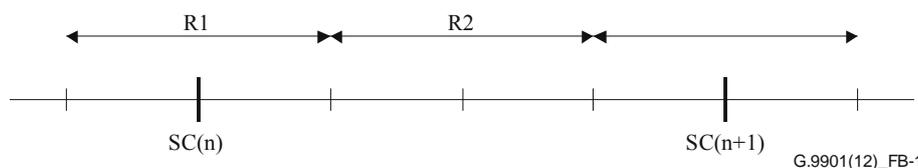
## B.2 Especificaciones de la máscara PSD (filtro de banda eliminada)

La PHY de UIT-T G.9903 está configurada para disponer de filtros de banda eliminada programables en ciertas frecuencias a fin de:

- 1) Evitar ciertas frecuencias que están reservadas para otras aplicaciones por los organismos reguladores de la línea eléctrica.
- 2) Permitir la cohabitación con los sistemas S-FSK de acuerdo con [CEI 61334-5-1].
- 3) Permitir el interfuncionamiento con otros sistemas que puedan funcionar en la línea eléctrica.

El transmisor utilizará un esquema apropiado para insertar filtros de banda eliminada profundos en el espectro. En particular, se aplicará el filtro de banda eliminada a dos frecuencias mencionadas en la norma [CEI 61334-5-1] como frecuencias de marca y espacio  $f_M$  y  $f_S$ , a las que se aplicará el citado filtro para que cohabiten con los sistemas S-FSK.

En función de la posición relativa de la frecuencia de filtro de banda eliminada requerida respecto de las subportadoras, algunas de estas últimas quedan enmascaradas. No se envía ningún dato por las subportadoras enmascaradas. De acuerdo con la Figura B.1, si la frecuencia del filtro de banda eliminada se sitúa en la Región 1, SC(n-1), SC(n) y SC(n+1) quedan enmascaradas (tres subportadoras en total). Si la frecuencia del filtro de banda eliminada se sitúa en la Región 2, las dos subportadoras más cercanas en cada lado (es decir, SC(n-1), SC(n), SC(n+1) y SC(n+2)) quedan enmascaradas (cuatro subportadoras en total).



**Figura B.1 – Aplicación del filtro de banda eliminada a las frecuencias**

El mapa de filtros de banda eliminada debería ser un parámetro global que se fija en la fase de inicialización de los dispositivos. Según se describe más arriba, para proporcionar filtros de banda eliminada suficientemente profundos para una banda de frecuencias concreta, es necesario atribuir valor cero a una (a veces dos) subportadoras adicionales antes y después de dicha banda, dependiendo de la posición del filtro de banda eliminada respecto de las subportadoras. Puede utilizarse el pseudocódigo siguiente para decidir entre una o dos subportadoras adicionales.

si  $\text{NotchFreq} / \text{SamplingFreq} \times \text{FFTSize}$  se encuentra en R1

$$\text{Sc}(n-1) = \text{Sc}(n) = \text{Sc}(n+1) = 0;$$

si  $\text{NotchFreq} / \text{SamplingFreq} \times \text{FFTSize}$  se encuentra en R2

$$\text{Sc}(n-1) = \text{Sc}(n) = \text{Sc}(n+1) = \text{Sc}(n+2) = 0;$$

$\text{SamplingFreq}$  y  $\text{FFTSize}$  son 400 kHz y 256 respectivamente.

$\text{Sc}$  es una matriz que determina qué subportadoras se utilizan para transmitir datos (si  $\text{Sc}(i)$  es cero, no se envía ningún dato a través de esa subportadora).

La aplicación del filtro de banda eliminada a las frecuencias reduce el número de tonos activos que se utilizan para transmitir información. Dado que el filtro de banda eliminada se aplica para todas las señales de transmisión, incluyendo FCH, el número de símbolos en FC depende del número de tonos activos.

El siguiente segmento de código puede determinar el número de símbolos OFDM que se utilizan para transmitir FC de 33 bits:

```
fcSize = 33; // Tamaño de FC
```

```
rxFCSymNum = ceil(((fcSize + 6) * 2 * 6) / freqNum);
```

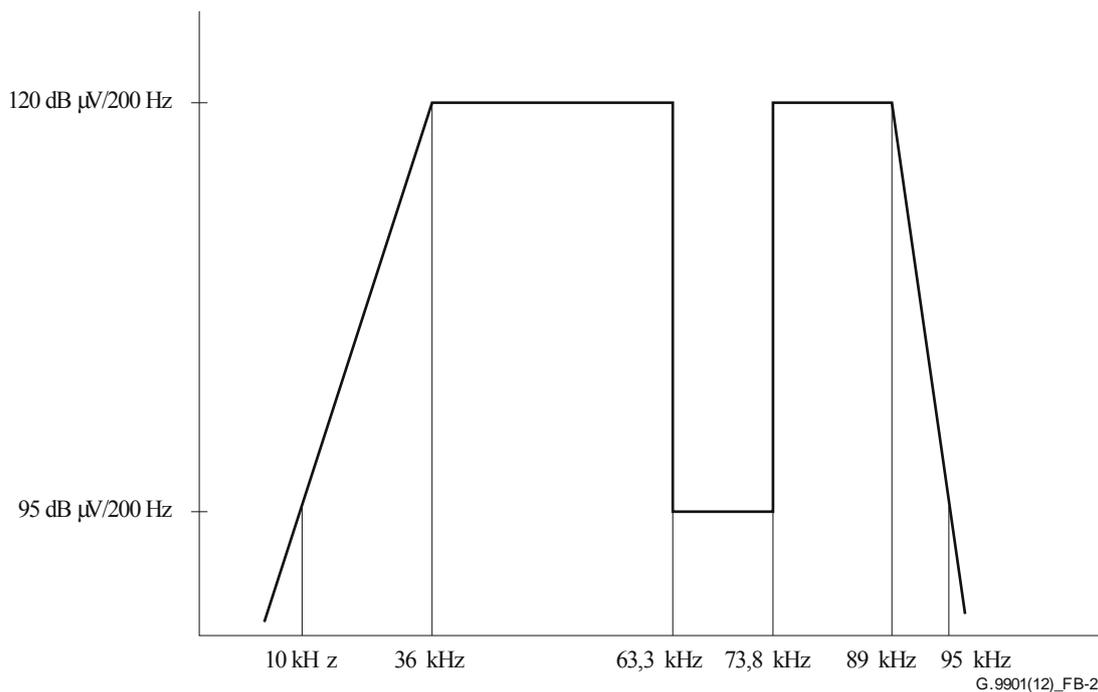
donde  $\text{freqNum}$  es el número de subportadoras disponibles después de la aplicación del filtro de banda eliminada a la frecuencia y  $\text{ceil}$  es la función de redondeo a la unidad superior.

Con el fin de tener el menor efecto en S-FSK, el modem OFDM no transmitirá ninguna señal entre frecuencias S-FSK, es decir, en la banda de 63 kHz a 74 kHz. Las subportadoras a las que se ha aplicado el filtro de banda eliminada en este modo se muestran en el Cuadro B.6.

**Cuadro B.6 – Subportadoras a las que se ha aplicado el filtro de banda eliminada en modo de cohabitación**

Subportadora N.º	Frecuencia de la subportadora
39	60,9375
40	62,5000
41	64,0625
42	65,6250
43	67,1875
44	68,7500
45	70,3125
46	71,8750
47	73,4375
48	75,0000
49	76,5625

En consecuencia, 11 subportadoras no pueden transmitir datos. Considerando el hecho de que hay un total de 36 subportadoras disponibles, quedan 25 subportadoras para la transmisión de datos, lo cual resulta en FC con 19 símbolos OFDM ya que  $\text{ceil}((33 + 6) \times 2 \times 6 / 25) = 19$ .



**Figura B.2 – Espectro con dos filtros de banda eliminada insertados para cohabitar con el módem S-FSK PLC**

Todas las estaciones deberán utilizar una máscara de tono en las subportadoras especificada en cada subestación a fin de satisfacer la máscara de espectro de transmisión. La densidad de potencia espectral transmitida de la frecuencia ranurada estará 25 dB por debajo de los límites especificados para el resto de las subportadoras.

Las mediciones se hacen utilizando un analizador de espectro con una anchura de banda de resolución de 200 Hz y un detector de cuasi-cresta. El transmisor deberá configurarse para que transmita repetidamente paquetes de esquema de datos de máxima longitud.

### **B.2.1 Transmisión no esencial**

El fabricante tiene la obligación de garantizar que las transmisiones no esenciales se adapten a la reglamentación en vigor en el país en el que se utiliza esta estación.

### **B.2.2 Uniformidad espectral del transmisor**

Ninguna portadora individual deberá tener una potencia media fuera del margen  $\pm 2$  dB con respecto a la potencia media en todas las subportadoras medidas en una impedancia de 50  $\Omega$ .

## Anexo C

### Especificación de PSD para transceptores PRIME

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

NOTA – En este anexo se presentan las especificaciones de densidad espectral de potencia (PSD) relacionadas con [UIT-T G.9904].

#### C.1 Introducción

En este anexo se presentan las especificaciones de densidad espectral de potencia (PSD) relacionadas con [UIT-T G.9904]. [UIT-T G.9904] es un esquema de comunicaciones PLC con OFDM en la banda CENELEC A, como se define en el cuerpo de la presente Recomendación. La entidad PHY utiliza frecuencias de la banda 3-95 kHz y se limita a los distribuidores de electricidad y las entidades autorizadas por ellos. Sin embargo, es bien sabido que las frecuencias inferiores a 40 kHz presentan diversos problemas en las líneas eléctricas de baja tensión típicas. Por ejemplo:

- El módulo de la impedancia de carga para los transmisores es a veces inferior a  $1 \Omega$ , especialmente en el caso de nodos base situados en los transformadores.
- Ruido de fondo de color, que está siempre presente en las líneas de energía eléctrica y viene provocado por la suma de numerosas fuentes de ruido de potencia relativamente baja. Su amplitud aumenta exponencialmente hacia las frecuencias más bajas.
- Las salas de medidores plantean un problema adicional pues se sabe que el comportamiento del usuario tiene una mayor repercusión sobre las propiedades del canal a bajas frecuencias; es decir el funcionamiento de todo tipo de electrodomésticos provoca una variación en el tiempo significativa e impredecible tanto de las características de la función de transferencia como de las hipótesis de ruido.

En consecuencia, la señal OFDM utilizará una anchura de banda de 47,363 kHz situada en las frecuencias elevadas de la banda CENELEC-A.

La propia señal OFDM empleará 97 subportadoras equiespaciadas (96 de datos y 1 piloto) con un breve prefijo.

#### C.2 Parámetros PHY

En el Cuadro C.1 se presentan los parámetros de control y temporización OFDM.

**Cuadro C.1 – Parámetros de frecuencia y temporización de PHY PRIME**

Reloj en banda base (Hz)	250 000	
Separación de las subportadoras (Hz)	488,28125	
Número de subportadoras de datos	84 (encabezamiento)	96 (cabida útil)
Número de subportadoras piloto	13 (encabezamiento)	1 (cabida útil)
Intervalo FFT (muestras)	512	
Intervalo FFT ( $\mu$ s)	2 048	
Prefijo cíclico (muestras)	48	
Prefijo cíclico ( $\mu$ s)	192	
Intervalo de símbolo (muestras)	560	
Intervalo de símbolos ( $\mu$ s)	2 240	
Periodo del preámbulo ( $\mu$ s)	2 048	

### C.3 Parámetros del preámbulo

Los parámetros del preámbulo son:  $T= 2\ 048\ \mu\text{s}$ ,  $f_0= 41\ 992\ \text{Hz}$  (frecuencia inicial),  $f_f = 88\ 867\ \text{Hz}$  (frecuencia final), y  $\mu = (f_f - f_0) / T$ .

### C.4 Especificación eléctrica del transmisor

#### C.4.1 Generalidades

A continuación se establecen los requisitos técnicos mínimos de interfuncionamiento del transmisor, que mantienen la plena calidad de funcionamiento.

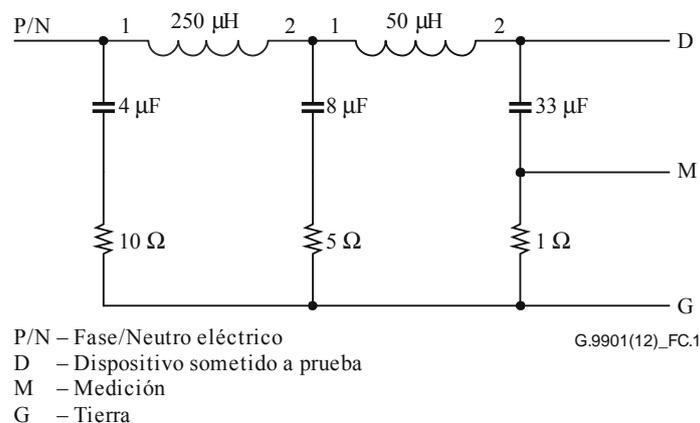
#### C.4.2 PSD de transmisión

Las especificaciones del transmisor se medirán con arreglo a las condiciones y configuración siguientes.

Para dispositivos monofásicos, la medición se efectuará en cualquiera de las conexiones de fase o neutras según la Figura 4 de [EN50065-1].

Para dispositivos trifásicos que transmiten simultáneamente en tres fases, la medición se efectuará en todas las fases, como se observa en la Figura 6 de [EN50065-1]. No es necesaria ninguna medición en el conductor neutro.

En la Figura C.1 se observa la red eléctrica artificial indicada en las Figuras 4 y 6 de [EN50065-1]. Está basada en la Figura 5 de [EN50065-1]. Se ha introducido el condensador de  $33\ \mu\text{F}$  y la resistencia de  $1\ \Omega$  para que la red tenga una impedancia de  $2\ \Omega$  en la banda de frecuencias de interés.



**Figura C.1 – Red de alimentación artificial**

Las tensiones de salida del transmisor se definen como la tensión medida en el terminal de línea con respecto al terminal neutro. En consecuencia, los valores obtenidos del dispositivo de medición se incrementarán en 6 dB (divisor de tensión de relación 1/2).

Todos los dispositivos se pondrán a prueba para cumplir los requisitos PSD en toda la gama de temperaturas, que dependerá del tipo de nodo:

- Nodos de base en la gama comprendida entre  $-40^\circ\text{C}$  y  $+70^\circ\text{C}$ .
- Nodos de servicio en la gama comprendida entre  $-25^\circ\text{C}$  y  $+55^\circ\text{C}$ .

Todas las pruebas se realizarán en condiciones de carga de tráfico normales.

En todos los casos, la PSD deberá ajustarse a la normativa vigente en el país en que se utiliza el sistema.

El amplificador de potencia tendrá que introducir un nivel de señal definitivo en el nodo de transmisión (parámetro S1) de 120 dB $\mu$ Vrms (1 Vrms) cuando esté conectado a la red artificial de la Figura C.1, como se observa en la Figura 4 de [EN50065-1] para dispositivos unifásicos y en la Figura 6 de [EN50065-1] para dispositivos trifásicos, haciéndolo en una fase a la vez. Para los dispositivos trifásicos en los que la introducción se realiza en forma simultánea en las tres fases, el nivel de señal definitivo será de 114 dB $\mu$ Vrms (0,5 Vrms). Como se indicó anteriormente, las mediciones obtenidas por el instrumento correspondiente se incrementarán en 6 dB para compensar la pérdida de inserción de la red artificial.

### **C.4.3 Límites de perturbaciones por conducción**

Serán de aplicación los reglamentos regionales. Por ejemplo, en Europa los transmisores deberán cumplir los niveles máximos de emisión y las emisiones no esenciales que se definen en el cuerpo principal de esta Recomendación para emisiones por conducción en redes de alimentación eléctrica de corriente alterna en las bandas de 3 kHz a 9 kHz y de 95 kHz a 30 MHz. La reglamentación europea exige también que los transmisores y receptores cumplan los límites de impedancia definidos en el cuerpo de esta Recomendación en la gama de frecuencias comprendida entre 3 kHz y 148,5 kHz.



## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
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	Construcción, instalación y protección de los cables y otros 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	Terminales y métodos de evaluación subjetivos y objetivos
Serie Q	Conmutación y señalización
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 y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación