



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.989.1**

(02/2001)

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

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –  
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes  
locales

---

**Transceptores para el funcionamiento en red de  
líneas telefónicas – Principios fundamentales**

Recomendación UIT-T G.989.1

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

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
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	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
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
<b>Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales</b>	<b>G.980–G.989</b>
Redes de acceso	G.990–G.999

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

## **Recomendación UIT-T G.989.1**

### **Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Principios fundamentales**

#### **Resumen**

Esta Recomendación especifica las características básicas de dispositivos diseñados para la transmisión de datos en redes de líneas telefónicas dentro de las instalaciones del cliente. Se tiene el propósito de que estos dispositivos sean compatibles con dispositivos telefónicos existentes en la red de líneas telefónicas de las instalaciones del cliente. La Recomendación prevé asimismo ranuras espectrales con miras a la compatibilidad con los servicios de radioaficionados.

La Recomendación define:

- el modelo de referencia de sistema para estos dispositivos;
- la máscara de densidad espectral de potencia (máscara PSD);
- el formato de trama de la señal de línea;
- el protocolo de acceso a medios;
- las características eléctricas básicas.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.989.1, preparada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 9 de febrero de 2001.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) 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.

## 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.

© UIT 2001

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Definiciones .....	1
3 Abreviaturas .....	2
4 Modelo de referencia de sistema de transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas .....	3
5 Densidad espectral de potencia .....	5
5.1 Supuestos relativos a la razón de valor de cresta a valor promedio .....	7
6 Características eléctricas .....	7
6.1 Tensión longitudinal .....	7
6.2 Simetría longitudinal .....	7
7 Formato de las tramas .....	8
7.1 Preámbulo .....	9
7.2 Tipo de trama (FT, <i>frame type</i> ) .....	10
7.3 Delimitador de fin de trama (EOF, <i>end of frame delimiter</i> ) .....	10
7.4 Tamaño máximo de trama .....	10
7.5 Intervalo entre tramas .....	10
8 Protocolo de acceso a medio .....	10
8.1 Acceso prioritario .....	11
8.2 Correspondencia de los niveles de prioridad .....	12
8.3 Detección de colisión .....	12
8.4 Resolución de colisiones .....	13
8.4.1 Selección del nivel de retroceso mediante señalización .....	13
Apéndice I – Bibliografía .....	14

## Recomendación UIT-T G.989.1

### Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Principios fundamentales

#### 1 Alcance

Esta Recomendación especifica las características básicas de dispositivos diseñados para la transmisión de datos a través de redes de líneas telefónicas dentro de las instalaciones del cliente.

La Recomendación define:

- el modelo de referencia de sistema de transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas;
- la máscara de densidad espectral de potencia (máscara PSD);
- el formato de trama de la señal de línea;
- el protocolo de acceso a medios;
- las características eléctricas básicas.

Se tiene el propósito de que estos dispositivos sean compatibles con otros dispositivos que comparten la red de líneas telefónicas dentro de las instalaciones del cliente, por ejemplo:

- servicios de telefonía de la RTPC;
- servicios de datos en la banda vocal, por ejemplo, servicios V.90;
- servicios a la velocidad binaria básica de la RDSI;
- servicios ADSL G.992.x.

La Recomendación prevé asimismo ranuras espectrales con miras a la compatibilidad con los servicios de radioaficionados.

Estos dispositivos pueden utilizarse para la distribución, dentro de las instalaciones del cliente, de datos procedentes de redes de acceso de área extensa tales como:

- servicios de datos en la banda vocal, por ejemplo V.90;
- servicios de la RDSI
- servicios xDSL (por ejemplo ADSL, SHDSL, VDSL, módems de cable J.112)

La utilización de filtros de aislamiento entre redes dentro de las instalaciones del cliente y redes de acceso de área extensa se trata en la cláusula 4.

#### 2 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes:

**2.1 nivel de retroceso:** Valor entero comprendido en la gama 0-15, utilizado en resolución de colisiones para determinar cuál de las estaciones cuyas transmisiones entraron en colisión habrá de transmitir.

**2.2 señal de retroceso:** Secuencia de símbolos que puede ser emitida por transmisores activos durante los tres intervalos de señal que siguen a una colisión.

**2.3 función de aislamiento:** Dispositivo que proporciona aislamiento espectral entre el cableado en las instalaciones del cliente y la red de acceso, por ejemplo, un filtro, una pasarela, etc.

**2.4 estación:** Transceptor G.989.1.

**2.5 TX PRI:** Valor de prioridad de la trama que está lista para ser transmitida en una estación, determinado por la capa de enlace.

### 3 Abreviaturas

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ADSL	Línea de abonado digital asimétrica ( <i>asymmetrical digital subscriber line</i> )
AP	Punto de acceso ( <i>access point</i> )
BL	Nivel de retroceso ( <i>backoff level</i> )
CP	Instalaciones del cliente ( <i>customer premises</i> )
CR	Resolución de colisión ( <i>collision resolution</i> )
CS	Detección de portadora ( <i>carrier sense</i> )
CSMA/CD	Acceso múltiple con detección de portadora/detección de colisión ( <i>carrier sense multiple access/collision detection</i> )
DF	Trama de datos ( <i>data frame</i> )
DSL	Línea de abonado digital ( <i>digital subscriber line</i> )
EOF	Delimitador de fin de trama ( <i>end-of-frame delimiter</i> )
FT	Tipo de trama ( <i>frame type</i> )
IF	Filtro de aislamiento ( <i>isolation function</i> )
IFG	Intervalo entre tramas ( <i>inter-frame gap</i> )
MAC	Control de acceso a medios ( <i>media access control</i> )
MAP	Protocolo de acceso a medios ( <i>media access protocol</i> )
MBL	Nivel máximo de retroceso ( <i>maximum backoff level</i> )
NI	Interfaz de red ( <i>network interface</i> )
NID	Dispositivo de interfaz de red ( <i>network interface device</i> )
OSI	Interconexión de sistemas abiertos [ <i>open systems interconnection</i> (UIT-T X.200 (1994)   ISO/CEI 7498-1:1994)]
PHY	Capa física ( <i>physical layer</i> )
PNT	Transceptor para el funcionamiento en red de líneas telefónicas ( <i>phoneline networking transceiver</i> )
PRI	Valor de prioridad ( <i>priority value</i> )
PSD	Densidad espectral de potencia ( <i>power spectral density</i> )
QoS	Calidad de servicio ( <i>quality of service</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RFI	Interferencia de radiofrecuencia ( <i>radio frequency interference</i> )
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SHDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad por un solo par ( <i>single pair high speed digital subscriber line</i> )
TX	Transmisor ( <i>transmitter</i> )

VDSL	Línea de abonado digital de velocidad muy alta ( <i>very high speed digital subscriber line</i> )
xDSL	término colectivo que designa cualquiera de los diversos tipos de tecnologías de línea de abonado digital

#### 4 Modelo de referencia de sistema de transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas

El modelo de referencia de sistema de transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas (PNT, *phoneline networking transceivers*) se muestra en la figura 1. El modelo de referencia incluye las funcionalidades de capa física (PHY, *physical layer*) y control de acceso a medios (MAC, *media access control*) entre la interfaz de línea telefónica y una interfaz de anfitrión. La interfaz primaria es la interfaz eléctrica y lógica del lado hilo telefónico (W1) entre una estación PNT y el hilo telefónico. Por lo general, el cableado en las instalaciones del cliente está conectado a la red de acceso. Una función de aislamiento (IF, *isolation function*) facultativa separa el cableado en las instalaciones del cliente, de la red de acceso.

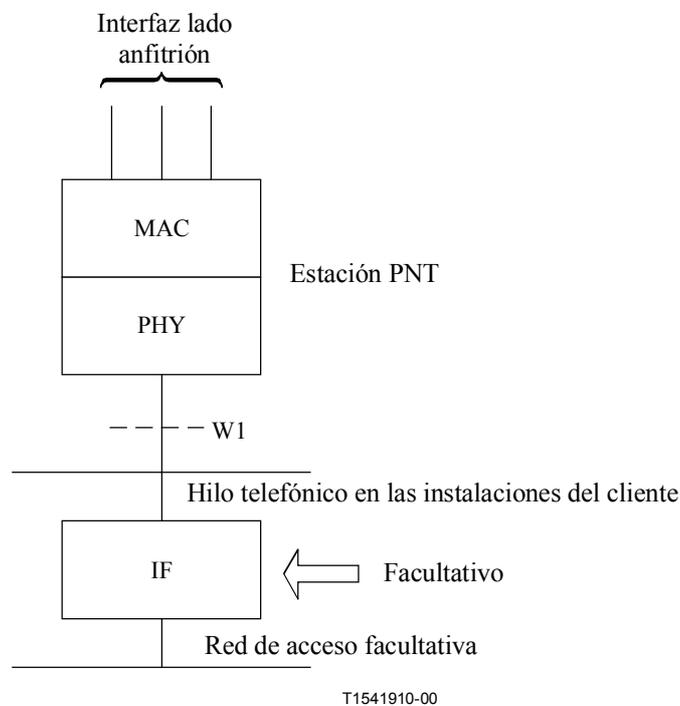
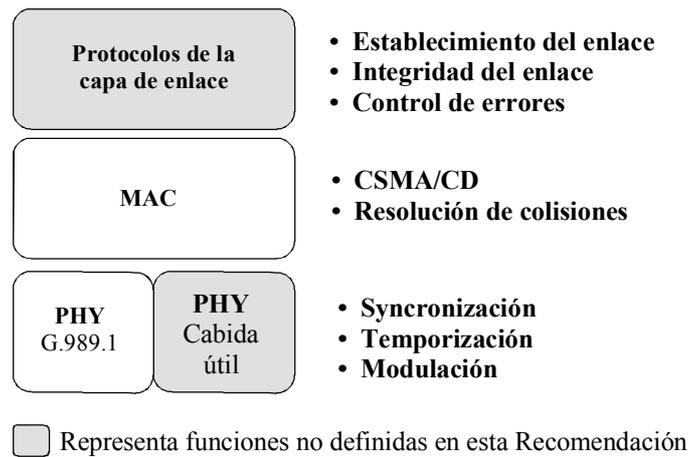


Figura 1/G.989.1 – Modelo de referencia básico

En la figura 2 es una representación funcional del modelo de referencia:



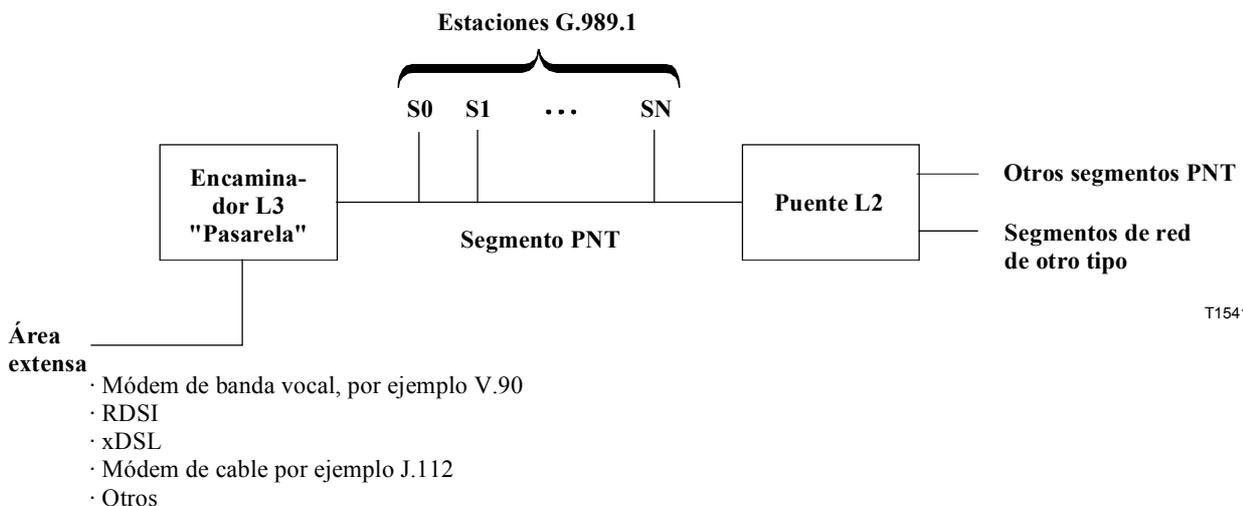
T1541920-00

**Figura 2/G.989.1 – Representación funcional del modelo de referencia**

El sistema PNT consta de una red de un solo segmento con compartición del medio. Todas las estaciones ubicadas en un segmento están conectadas lógicamente al mismo canal compartido en la línea telefónica.

Múltiples segmentos de red y otros enlaces de red pueden conectarse a través de un relevador de capa 2 (L2 o capa de enlace de datos) o de un relevador de capa 3 (L3 o capa de red) (véase UIT-T X.200 (1994) | ISO/CEI 7498-1:1994).

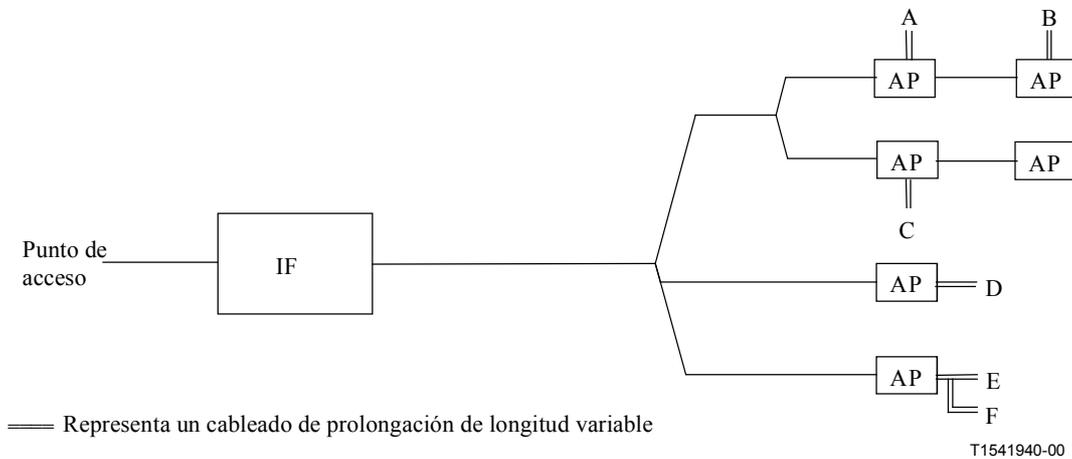
La figura 3 muestra un encaminador/pasarela que interconecta un enlace de red de área extensa a la red en las instalaciones del cliente. Tal enlace de área extensa podría proporcionarse mediante una línea de abonado (módem de banda vocal, por ejemplo V.90, RDSI a la velocidad binaria básica, ADSL, módem de cable, VDSL) o mediante un enlace inalámbrico. Muestra también un puente L2 que interconecta el primer segmento de red en las instalaciones del cliente con otros segmentos de red tales como una red PNT.



T1541930-00

**Figura 3/G.989.1 – Interfuncionamiento de una red de área extensa**

Se tiene el propósito de que los transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas operen a través del cableado existente en las instalaciones del cliente. Las topologías soportadas son combinaciones arbitrarias de cableados en estrella, árbol y bus multipunto, como se ilustra en la figura 4. En una topología, cada segmento del cableado puede tener uno o más puntos de acceso (AP, *access point*), y un cableado de prolongación de longitud variable que se asociará al dispositivo del servicio telefónico ordinario o PNT.



**Figura 4/G.989.1 – Ejemplos de topologías de red**

En la figura 4, las estaciones A y B están en un mismo segmento de cableado y la estación B está conectada en cascada a la estación A; la estación C está en un segundo segmento de cableado, no terminado; la estación D está al final de un segmento de cableado directo desde la red de acceso; las estaciones E y F comparten un mismo punto de acceso (AP) mediante un adaptador con dos salidas. Son posibles muchas otras topologías. Otros dispositivos basados en línea telefónica pueden estar ubicados junto con las estaciones basadas en G.989.1 y conectados a los mismos puntos de acceso. Estos dispositivos pueden incluir aparatos telefónicos analógicos, que pueden tener un filtro paso bajo (facultativo) conectado en serie con cada aparato telefónico. Dichos dispositivos están fuera del ámbito de la presente Recomendación.

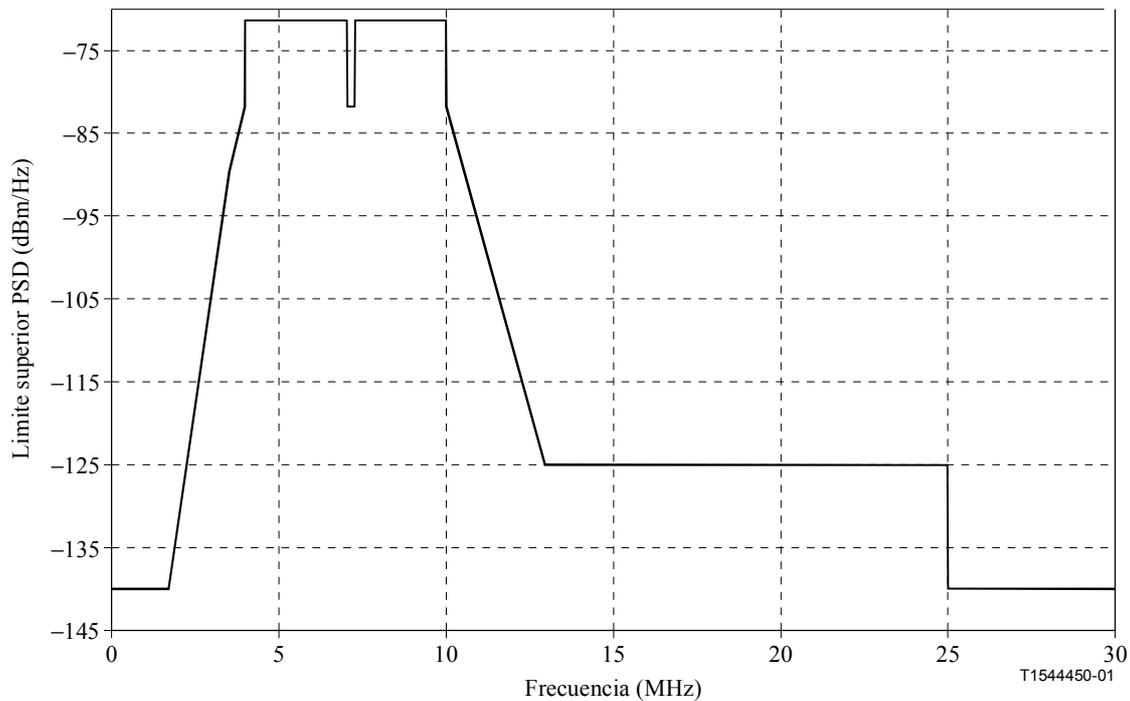
Se implementará una función de aislamiento (IF, *isolation function*) cuando sea necesario para evitar interferencias entre dispositivo PNT funcionando en el cableado en las instalaciones del cliente y las tecnologías de red de acceso que utilizan un espectro de frecuencias con superposición, por ejemplo VDSL.

Una función de aislamiento (IF) puede proporcionar:

- aislamiento espectral en el caso de tecnologías de acceso de red de área extensa;
- una impedancia de terminación conocida;
- un mayor grado de protección contra el rayo y las sobretensiones.

## 5 Densidad espectral de potencia

La máscara de densidad espectral de potencia (máscara PSD) se presenta en la figura 5. Un transceptor G.989.1 estará obligado a respetar el límite superior indicado en la figura 5; la medición se efectúa entre los bornes de una carga de 100  $\Omega$  en la interfaz a dos hilos W1, en el transmisor.



Frecuencia (MHz)	Límite de PSD (dBm/Hz)
$0,015 < f \leq 1,7$	-140
$1,7 < f \leq 3,5$	$-140 + (f - 1,7) * 50,0 / 1,8$
$3,5 < f \leq 4,0$	$-90 + (f - 3,5) * 17,0$
$4,0 < f < 7,0$	-71,5
$7,0 \leq f \leq 7,3$	-81,5
$7,3 < f < 10,0$	-71,5
$10,0 \leq f < 13,0$	$-81,5 - (f - 10,0) * 43,5 / 3,0$
$13,0 \leq f < 25,0$	-125
$25,0 \leq f < 30,0$	-140

**Figura 5/G.989.1 – Máscara PSD**

Se supone que las tramas tienen la longitud máxima y que los intervalos entre tramas (IFG, *inter-frame gap*) son mínimos. Puesto que, como cabe esperar, la mayor parte de los datos contenidos en una trama serán aleatorizados por un aleatorizador, esta suposición permite tratar las transmisiones en ráfagas como un solo tren continuo de datos a los efectos de la definición de la máscara PSD.

Las ranuras de 10 dB a 4,0, 7,0 y 10,0 MHz tienen por objeto reducir el egreso de RFI en las bandas de radioaficionados.

En esta medición deberá utilizarse una anchura de banda de resolución de 10 kHz para frecuencias entre 2,0 y 30,0 MHz y de 3 kHz para frecuencias entre 0,015 y 2,0 MHz. Se utilizará una ventana de promediación de 213 segundos, y se supondrán tramas de 1500 octetos separadas por un periodo de silencio con una duración de IFG. Un posible número de bandas no contiguas con una anchura total de 50 kHz puede rebasar la línea límite por debajo de 2,0 MHz, sin que ninguna de las bandas secundarias alcance un nivel superior a 20 dB por encima de la línea límite. Un posible número de bandas no contiguas con una anchura total de 100 kHz puede rebasar la línea límite entre 13,0 y 30,0 MHz, sin que ninguna de las bandas secundarias alcance un nivel superior a 20 dB por encima de la línea límite.

## 5.1 Supuestos relativos a la razón de valor de cresta a valor promedio

Con el fin de cumplir los reglamentos nacionales relativos a las emisiones, la potencia transmitida promediada durante una ventana de corta duración deberá cumplir ciertos requisitos. Además, el deseo de evitar la interferencia audible en los teléfonos conduce a la imposición de límites a la potencia de cresta transmitida. Por tanto, un escalaje viable de la constelación es aquél que establece los puntos exteriores a aproximadamente la misma amplitud y permite que la potencia promedio disminuya cuando aumente el tamaño de la constelación.

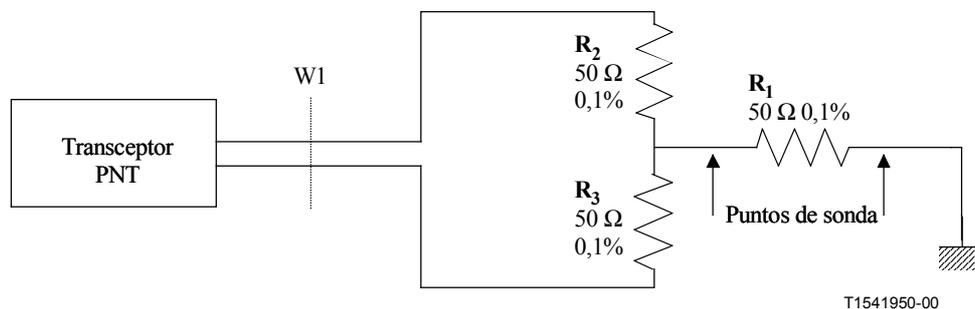
Se parte de los siguientes supuestos:

- la razón del valor de cresta al valor promedio en la interfaz hilo de un dispositivo transmisor es inferior a 9,5 dB cuando se elige la constelación que da el valor más alto de potencia promedio transmitida;
- la razón del valor máximo de la potencia promedio a corto plazo en una ventana deslizante de 2  $\mu$ s, a la potencia promedio, definida en la anterior cláusula 5, es inferior a 2,7 dB para una misma constelación elegida.

## 6 Características eléctricas

### 6.1 Tensión longitudinal

El transmisor limitará la tensión longitudinal para la señal emitida desde la interfaz W1, de manera que el nivel medido a través de  $R_1$  en la figura 6 no exceda de  $-55$  dBVrms en la banda de 0,1 a 30 MHz.



NOTA – El valor especificado de no más de  $-55$  dBVrms tiene en cuenta que la medición a través del resistor  $R_1$  corresponde a  $2/3$  de la tensión longitudinal real. Por tanto, cuando se efectúa la medición de este parámetro, para asegurarse de que los resultados obtenidos sean significativos es necesario que los valores de resistencia de  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  representados en esta figura estén bien adaptados y que los valores de los resistores no se aparten en más del 0,1% de los valores aquí especificados.

**Figura 6/G.989.1 – Método de medición de la tensión longitudinal de salida**

### 6.2 Simetría longitudinal

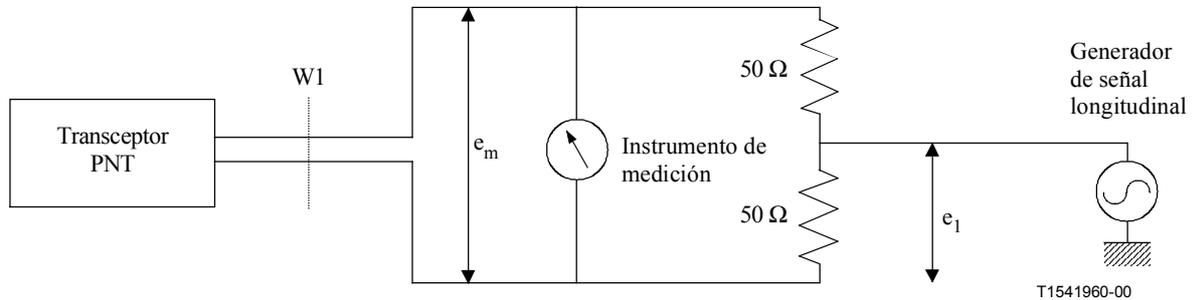
La simetría longitudinal en la interfaz W1 será mayor que 35 dB en la gama de frecuencias de 0,1 MHz a 30 MHz. La simetría longitudinal se medirá suponiendo que el transceptor PNT no está transmitiendo, como se muestra en la figura 7. La simetría longitudinal viene dada por la ecuación:

$$L_{Bal} = 20 \log \left| \frac{e_l}{e_m} \right| \text{dB} \quad (1)$$

donde:

$e_l$  la tensión longitudinal aplicada (con respecto al edificio o a la tierra del conductor verde del transceptor PNT);

$e_m$  la tensión metálica resultante que aparece a través de un resistor de terminación.



NOTA – Cuando se efectúa la medición de este parámetro, para asegurarse de que los resultados obtenidos sean significativos es necesario que los valores de resistencia no se aparten en más del 0,1% de los valores aquí especificados.

El generador de señal longitudinal es una fuente de tensión que debe presentar a su salida una onda sinusoidal de frecuencia variable.

**Figura 7/G.989.1 – Método de medición de la simetría longitudinal**

NOTA – Los requisitos de simetría deberán cumplirse en presencia de polarización de corriente continua, en cuyas condiciones se supone que ha de funcionar el dispositivo G.989.1.

## 7 Formato de las tramas

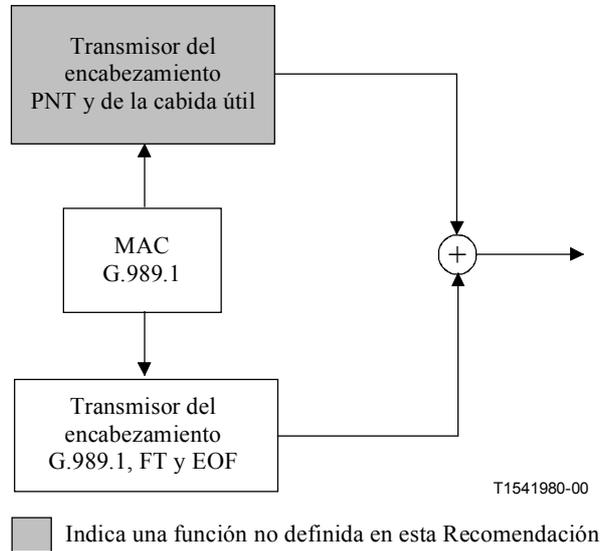
El formato de las tramas G.989.1 se representa en la figura 8. Consta de un campo preámbulo y un campo tipo de trama (FT, *frame type*), un campo encabezamiento PNT y cabida útil, y un campo fin de trama (EOF). Todos los campos, excepto el de encabezamiento PNT y cabida útil, están constituidos por una secuencia fija para cada transmisión. Cada trama va seguida de un intervalo mínimo de silencio denominado intervalo entre tramas (IFG). Los campos de preámbulo, FT, EOF, y el intervalo IFG se definen en esta Recomendación. El encabezamiento PNT y la cabida útil quedan en estudio.

16 octetos	1 octeto	1 octeto
Preámbulo	Tipo de trama	Encabezamiento PNT y cabida útil
32,0 μs	2,0 μs	2,0 μs
		EOF
		Intervalo entre tramas

T1541970-00

**Figura 8/G.989.1 – Formato básico de las tramas**

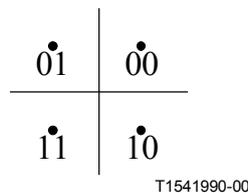
La figura 9 indica que la generación de los campos de preámbulo, FT y EOF es distinta, desde el punto de vista lógico, de la generación del preámbulo PNT y la cabida útil. Esto permite utilizar métodos de entramado, modulación y sincronización diferentes para el encabezamiento de PNT y la cabida útil (como se indica por la información contenida en el campo tipo de trama).



**Figura 9/G.989.1 – Estructura básica de un transmisor G.989.1**

### 7.1 Preámbulo

El preámbulo es una secuencia conocida por todos los receptores de ráfagas que utilizan la misma banda de frecuencias en el hilo. El preámbulo consistirá en la secuencia de bits correspondiente a 0xFC483084, repetida 4 veces, empezando la transmisión de los octetos por el octeto más significativo y, dentro de cada octeto, empezando la transmisión de los bits por el bit menos significativo, con la correspondencia representada en la figura 10.



**Figura 10/G.989.1 – Correspondencia de símbolos en el preámbulo**

Los valores de símbolo se muestran con los bits ordenados de tal manera que el bit que aparece más a la derecha es el primer bit recibido del generador de preámbulo.

En la secuencia resultante de símbolos de 4 puntos, que tiene longitud de 64, se intercalan símbolos de amplitud cero para producir una secuencia con una longitud de 128, la cual se transmite utilizando una modulación de amplitud en cuadratura con un intervalo de símbolo de 0,25 μs y una frecuencia portadora de 7,0 MHz. Se aplica un filtrado en transmisión suficiente para satisfacer la máscara PSD, definida en la cláusula 5.

## 7.2 Tipo de trama (FT, *frame type*)

El campo tipo de trama (FT) consta de 8 bits y el transmisor lo fija a un valor conocido. Se codifica en 4 símbolos de acuerdo con el diagrama presentado en la cláusula precedente, tras lo cual se intercalan 4 símbolos de amplitud cero y se le aplica una modulación de amplitud en cuadratura con una frecuencia portadora de 7,0 MHz. El receptor decodifica este campo y, si no contiene un valor conocido, descarta la trama.

El campo tipo de trama tiene por objeto proporcionar flexibilidad para definir otros formatos de trama y moduladores en futuras versiones de esta Recomendación. Para G.989.1 el valor de FT será definido en el cuadro 1.

**Cuadro 1/G.989.1 – Atribución de tipo de trama**

FT	Utilización
0	Reservado para la base instalada de dispositivos PNT existentes
1-127	Reservado para su utilización por el UIT-T
128-255	Reservado para la creación de prototipos y facilidades no normalizadas

## 7.3 Delimitador de fin de trama (EOF, *end of frame delimiter*)

El campo delimitador de fin de trama (EOF) está formado por los ocho primeros símbolos del preámbulo de longitud 128, a los cuales se aplica una modulación de amplitud en cuadratura con una portadora de 7,0 MHz y una fase inicial de  $2\pi\tau \times 7,0 + \phi$ , siendo  $\tau$  el desplazamiento a partir del último símbolo del campo FT, en microsegundos, y  $\phi$  la fase inicial del modulador (al comienzo de la ráfaga).

## 7.4 Tamaño máximo de trama

Todas las estaciones G.989.1 transmitirán y recibirán tramas cuya duración total, en la red de líneas telefónicas, no será superior a 3122  $\mu$ s para FT = 0 ó 1.

## 7.5 Intervalo entre tramas

El intervalo mínimo entre tramas será de 29  $\mu$ s.

## 8 Protocolo de acceso a medio

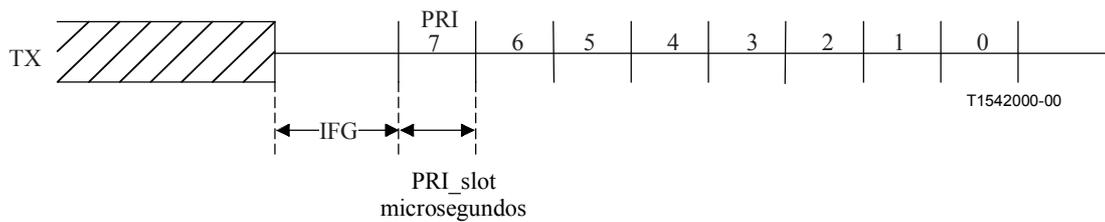
En esta cláusula se describe el protocolo de acceso a medio que comparte el acceso a medios entre usuarios del espectro mediante un protocolo de acceso múltiple con detección de portadora/detección de colisión (CSMA/CD, *carrier sense multiple access/collision detection*), distribuido. Cada estación en un segmento de red G.989.1 aplica el protocolo de acceso a medios (MAP, *media access protocol*) para coordinar el acceso a los medios compartidos.

El procedimiento de acceso a medios CSMA/CD es el método en virtud del cual dos o más estaciones comparten el canal de transmisión común. Para transmitir, una estación espera (o sea, difiere la transmisión) durante un periodo de silencio en el canal (es decir, espera a que ninguna otra estación esté transmitiendo), después de lo cual envía el mensaje deseado de acuerdo con la especificación de capa física adecuada. Para soportar más de una modalidad de calidad de servicio (QoS, *quality of service*), el aplazamiento de la transmisión se ordena según ocho niveles de prioridad, aplicando la prioridad absoluta entre las estaciones que pugnan por el acceso. Si, después de iniciada la transmisión, el mensaje entra en colisión con un mensaje de otra estación, cada una de las dos estaciones transmisoras deja de transmitir y resuelve la colisión eligiendo un nivel de

retroceso, con lo cual la transmisión se aplaza en favor de otras estaciones que hayan elegido un nivel de retroceso más bajo.

### 8.1 Acceso prioritario

Se puede utilizar el sistema G.989.1 para transportar datos de varios tipos, incluidos trenes de medios como voz, audio y vídeo. Para reducir la variación de la latencia en estos trenes se define un mecanismo de prioridad que permite que las capas superiores etiqueten las tramas salientes con un valor de prioridad (PRI, *priority value*), y garanticen que esas tramas tendrán un acceso prioritario al canal con respecto a tramas con un nivel de prioridad más bajo. Mediante este método de acceso, las transmisiones se aplazan hasta que aparezca un intervalo de tiempo más allá del intervalo mínimo entre tramas, en base al nivel de prioridad de la trama en espera de transmisión (véase la figura 11).



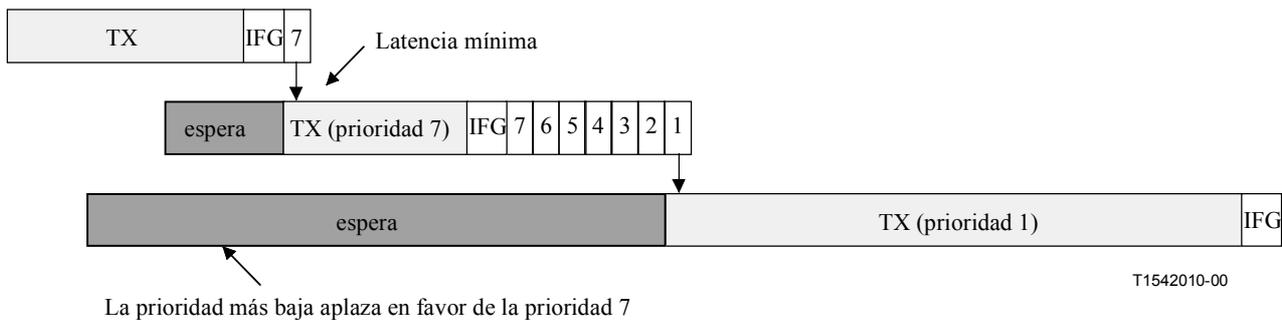
**Figura 11/G.989.1 – Intervalos de prioridad**

Los intervalos se numeran por orden decreciente de prioridad, siendo el nivel de prioridad más elevado el nivel 7, al que corresponde el intervalo inicial. Los niveles de prioridad más elevados comienzan la transmisión en los intervalos iniciales y ocupan el canal sin tener que pugnar con el tráfico de más bajo nivel de prioridad. El intervalo de prioridad de una estación se basa en el número de prioridad (TX\_PRI) de capa superior asociado con la trama que está lista para ser transmitida, número determinado por la capa de enlace de datos. Las transmisiones que no tienen especificado un nivel de prioridad utilizan un valor TX\_PRI por defecto de 2 ("mejor esfuerzo"). La estación utiliza cualquier intervalo cuyo número es menor o igual que TX\_PRI, normalmente el intervalo cuyo número es exactamente TX\_PRI. Después del intervalo de prioridad 0 no hay más ningún otro intervalo de prioridad, y cualquier estación con tráfico de cualquier nivel de prioridad puede pugnar por la ocupación del canal de acuerdo con la regla de primero que llega, primero que se sirve. Se considera que, después del intervalo de prioridad 0, todas las colisiones se producen en PRI = 0.

El intervalo de prioridad tiene una duración de 21,0  $\mu$ s.

Las estaciones en espera de transmisión deberán monitorizar el parámetro detección de portadora (CS, *carrier sense*), y diferir la utilización de los medios si CS era verdadero antes del comienzo del intervalo de prioridad de la estación, o, si está después del intervalo de prioridad 0, la estación deberá diferir la transmisión si CS era verdadero. Toda estación que esté lista para transmitir al comienzo de su intervalo de prioridad transmitirá si CS era falso antes del comienzo de su intervalo de prioridad, sin aplazar la transmisión si se determinó que CS era verdadero antes del comienzo de la transmisión.

En el ejemplo representado en la figura 12, una estación de alto nivel de prioridad comienza a transmitir en el instante previsto, sin que tenga que pugnar por la ocupación del canal con tráfico de un nivel de prioridad más bajo.



**Figura 12/G.989.1 – Ejemplo de acceso prioritario**

Se reanuda el temporizador de intervalo de tiempo si la transmisión procedente de otra estación ocupa el canal mientras la estación considerada espera un nivel de prioridad más bajo.

## 8.2 Correspondencia de los niveles de prioridad

El valor TX\_PRI indica la prioridad utilizada para calendarizar la transmisión y es el valor presente en el campo PRI del encabezamiento de trama. El valor TX\_PRI lo determina una capa superior, y el método para etiquetar la prioridad está fuera del ámbito de la presente Recomendación.

Puede haber una correspondencia entre los valores de prioridad de la capa de control de acceso a medios (MAC, *media access control*) y los valores de prioridad de la capa de enlace (LL, *link layer*), tal como son entregados a la capa de enlace por la capa de red. La definición de cualquier correspondencia adicional de valores de prioridad que pueda producirse entre la capa de enlace y la capa de MAC queda en estudio.

En general, la capa de red o la capa de aplicación determinarán la política que habrá de seguirse para hacer corresponder tráfico con valores de prioridad de la capa de enlace.

## 8.3 Detección de colisión

Dos o más estaciones pueden empezar a transmitir en el mismo intervalo de prioridad después de transcurrido el periodo IFG o pueden empezar a transmitir al mismo tiempo después del intervalo de prioridad 0. Se produce una colisión cuando dos o más estaciones tienen tramas en espera de transmisión (en este contexto, tales estaciones se designan por estaciones activas) y tratan de ganar acceso al canal transmitiendo un preámbulo y un encabezamiento. El nivel de prioridad de una colisión puede inferirse del intervalo de prioridad en que se produce la colisión. Generalmente, las colisiones se producen entre tramas del mismo nivel de prioridad, pero también pueden producirse entre transmisiones con diferentes niveles de prioridad.

Todas las estaciones supervisan el canal para detectar las transmisiones de otras estaciones con las que se producen colisiones. Las que no tienen tramas en espera de transmisión (estaciones pasivas) pueden detectar colisiones observando la longitud del fragmento de transmisión.

Cuando una estación detecta una colisión deberá detener la transmisión dentro de un periodo de 70,0  $\mu$ s a partir del comienzo de la trama, medido en la interfaz W1. El tamaño mínimo de una trama válida (es decir, de una trama que no sufrida una colisión) es de 92,5  $\mu$ s, para tener en cuenta oblicuidades de tiempo entre las transmisiones de las estaciones. Las transmisiones que son demasiado cortas o demasiado largas se reconocen como colisiones entre transmisiones de otras estaciones.

## 8.4 Resolución de colisiones

Para resolver las colisiones se emplea un algoritmo distribuido de resolución de colisiones (CR, *collision resolution*) que tiene por efecto ordenar las estaciones según niveles de retroceso. Los niveles de retroceso indican el orden en que transmitirán las estaciones cuyas transmisiones entraron en colisión. El resultado deseado es que quede una sola estación con el nivel 0 de retroceso, lo que le permite ocupar el canal. Después de que la estación ganadora ha concluido su transmisión, todas las estaciones reducen su nivel de retroceso en una unidad, si es mayor que cero, y la nueva estación, o las nuevas estaciones, en el nivel 0 de retroceso tratan de transmitir. Todas las estaciones, incluso las que no tienen tramas listas para la transmisión, supervisan la actividad en el medio de transmisión para seguir el rastro del nivel máximo de retroceso. Supervisando el nivel máximo de retroceso se cierra el ciclo de resolución de colisiones, de manera que las estaciones que no sufrieron colisión no están autorizadas para pugnar por el acceso al medio hasta que todas las estaciones que sufrieron colisión hayan transmitido con éxito una trama o hayan perdido el derecho a transmitir su trama en espera.

Cuando se emplea este procedimiento, todas las estaciones que pugnaban por acceso tras la colisión inicial ganan acceso al hilo, y así se termina el ciclo de resolución de la colisión. Con esto se consigue que la latencia de acceso quede estrechamente limitada.

Cada estación mantiene ocho contadores de nivel de retroceso (BL, *backoff level*), uno para cada nivel de prioridad, y ocho contadores de nivel máximo de retroceso (MBL, *maximum backoff level*). Los contadores BL y MBL se inicializan a 0 y se saturan cuando llegan al valor 15.

### 8.4.1 Selección del nivel de retroceso mediante señalización

Después de producirse una colisión y de transcurrir un IFG, transcurren tres intervalos de señal (S0 ... S2) antes de que aparezca la secuencia normal de intervalos de prioridad (intervalos de contienda). Véase la figura 13. Los intervalos de señal se utilizan para fijar/determinar los contadores de retroceso. Los intervalos de señal aparecen únicamente después de producirse colisiones y nunca después transmisiones exitosas. El intervalo de señal tiene una duración de 32,0  $\mu$ s.

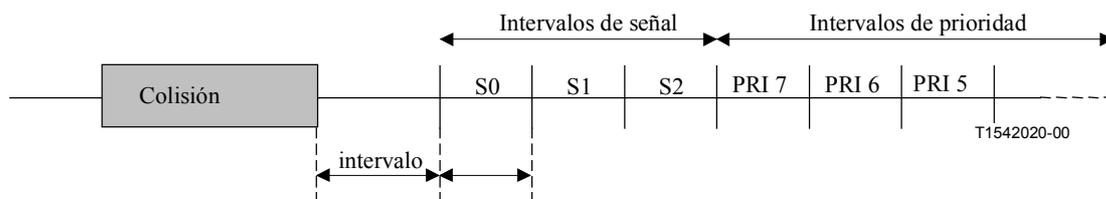


Figura 13/G.989.1 – Intervalos de señal

Cada estación activa en el periodo de resolución de colisión elige de manera pseudoaleatoria uno de los intervalos de señal y transmite una señal de retroceso. La señal de retroceso es una secuencia de símbolos constituida por los primeros 32 de los 128 símbolos de la secuencia de preámbulo, seguidos por la secuencia EOF de 8 símbolos. Estos símbolos son modulados en una portadora de 7,0 MHz y la señal resultante obtenida se filtra para satisfacer la PSD definida en la cláusula 5. Dos o más estaciones pueden transmitir una señal de retroceso en el mismo intervalo de señal. Las estaciones activas transmiten señales de retroceso para indicar información de ordenación que determina los nuevos niveles de retroceso que habrán de utilizarse.

Todas las estaciones (incluso las no activas) supervisan eventos de colisión y los intervalos de señal para calcular el nivel de retroceso. Si una estación activa observa una señal de retroceso en un intervalo anterior al elegido, aumenta su nivel de retroceso. Las estaciones en el nivel 0 de retroceso (estaciones que pugnan activamente por la ocupación del canal) que no recibieron señales de retroceso antes de la elegida permanecen en el nivel 0 de retroceso y pugnan por la transmisión en el intervalo de prioridad que sigue inmediatamente a la secuencia de la señal de retroceso. El número del intervalo de prioridad es igual al nivel de prioridad de la trama en espera (TX\_PRI). En definitiva, una sola estación queda en el nivel 0 de retroceso y gana acceso al canal. Obsérvese que las estaciones que tienen tramas en espera con niveles de prioridad más elevados pueden prevenir la resolución de colisión transmitiendo en un intervalo de prioridad anterior a aquél en que se produjo la colisión precedente.

El contador MBL se incrementa por cada señal de retroceso observada y se decrementa por cada transmisión efectuada con éxito. EL MBL para cada estación es diferente de cero cuando se encuentra en curso un ciclo de resolución de colisión. Cuando una estación se torna activa la primera vez, el contador BL se inicializa al contenido del MBL. Con esto se asegura que todas las estaciones que están activas en ese momento ganan acceso al canal antes de que unas estaciones puedan retornar a la cola de espera.

## APÉNDICE I

### **Bibliografía**

- UIT-T G.992.1 (1999), *Transceptores de línea de abonado digital asimétrica.*
- UIT-T G.992.2 (1999), *Transceptores de línea de abonado digital asimétrica sin divisor.*
- UIT-T J.112 (1998), *Sistemas de transmisión para servicios interactivos de televisión por cable.*
- UIT-T V.90 (1998), *Par constituido por un módem digital y un módem analógico para uso en la red telefónica pública conmutada (RTPC) a velocidades de señalización de datos de hasta 56 000 bit/s en sentido descendente y hasta 33 600 bit/s en sentido ascendente.*
- UIT-T X.200 (1994) | ISO/CEI 7498-1:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model.*
- IEEE 802.3 (2000), *Information technology – LAN/MAN – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications.*
- ETSI TS 101 270-1 (1999), *Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission systems on metallic access cables; Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL); Part 1: Functional requirements.*

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
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 multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
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 y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación