



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.984.2

(03/2003)

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

**Redes ópticas pasivas con capacidad
de gigabits: Especificación de la capa
dependiente de los medios físicos**

Recomendación UIT-T G.984.2

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
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

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

Recomendación UIT-T G.984.2

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos

Resumen

En esta Recomendación se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de anchura de banda de los servicios para empresas y particulares, y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido descendente y 155,520 Mbit/s, 622,080 Mbit/s, 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido ascendente. Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) simétricas y asimétricas (ascendentes/descendentes). Además, se proponen los requisitos de la capa física y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos (PMD). La capa de convergencia de transmisión (TC) y el protocolo de determinación de distancia para los sistemas GPON se describen en otra Recomendación UIT-T.

El sistema descrito constituye una evolución con respecto al de la Rec. UIT-T G.983.1. En esta Recomendación se mantienen los requisitos de la Rec. UIT-T G.983.1, en la medida de lo posible, a fin de lograr la máxima compatibilidad con los sistemas e infraestructura de fibra óptica existentes.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.984.2 fue aprobada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8 el 16 de marzo de 2003.

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.

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.

© UIT 2003

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

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Definiciones.....	2
4 Abreviaturas.....	2
5 Arquitectura de la red de acceso óptico	3
6 Servicios	4
7 Interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio	4
8 Requisitos de la red óptica.....	4
8.1 Estructura de la red óptica dividida en capas	4
8.2 Requisitos de la capa dependiente del medio físico para la GPON	4
8.3 Interacción entre la capa PMD de la GPON y la capa TC	24
Apéndice I – Asignación del tiempo de tara de la capa física (informativo).....	27
Apéndice II – Descripción del mecanismo de nivelación de potencia y ejemplos.....	29
II.1 Introducción.....	29
II.2 Niveles de la ONU.....	29
II.3 Umbrales en la OLT	29
II.4 Detección de potencia.....	31

Recomendación UIT-T G.984.2

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos

1 Alcance

Esta Recomendación tiene por objeto describir las redes de acceso flexible que utilizan la tecnología de fibra óptica. Se centra principalmente en los servicios de soporte de red con requisitos de anchura de banda que van desde los servicios vocales hasta los servicios de datos con velocidades de gigabits por segundo. Además, se incluyen servicios distributivos.

En esta Recomendación se describen las características de la capa PMD de una red de acceso óptico (OAN, *optical access network*) con capacidad para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicio.

La OAN contemplada en esta Recomendación debe permitir que el operador de red ofrezca versiones mejoradas con la suficiente flexibilidad para satisfacer las necesidades futuras de sus clientes, en particular en la zona de la red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*). La ODN considerada se fundamenta en la opción de árbol y rama punto a multipunto.

Esta Recomendación se centra en las cuestiones propias de la fibra, ya que las cuestiones relativas al cobre en los sistemas híbridos se describen en otros documentos tales como las Recomendaciones sobre la línea de abonado digital x (xDSL, *digital subscriber line x*) (serie G.99x).

Esta Recomendación se centra además en las adiciones y modificaciones de las Recomendaciones anteriores de la serie G.983.x, que describen una arquitectura basada en el modo de transferencia asíncrono (ATM, *asynchronous transfer mode*) por una red óptica pasiva. La finalidad de estas adiciones y modificaciones es soportar velocidades de datos más altas, especialmente para el transporte de servicios de datos.

En esta Recomendación se proponen los requisitos y especificaciones de la capa física para la capa PMD de una red óptica pasiva con capacidad de gigabits (GPON, *gigabit-capable passive optical network*). Las especificaciones de la capa TC y del protocolo de determinación de distancia se describen en otra Recomendación UIT-T.

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.

- [1] Recomendación UIT-T G.652 (2003), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo*.
- [2] Recomendación UIT-T G.957 (1999), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona*.
- [3] Recomendación UIT-T G.982 (1996), *Redes de acceso óptico para el soporte de servicios que funcionan con velocidades binarias de hasta la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) o velocidades binarias equivalentes*.

- [4] Recomendación UIT-T G.983.1 (1998), *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas*.
- [5] Recomendación UIT-T G.983.3 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con capacidad de servicio incrementada mediante atribución de longitud de onda*.
- [6] Recomendación UIT-T G.984.1 (2003), *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Características generales*.

3 Definiciones

En esta Recomendación se utilizan a menudo términos definidos en las Recomendaciones UIT-T G.983.1 y G.983.3. Para mayor facilidad, se incluyen en esta cláusula las principales definiciones relativas a la capa PMD de las GPON.

3.1 red de acceso óptico (OAN, *optical access network*): Conjunto de enlaces de acceso que comparten las mismas interfaces del lado red y están soportados por sistemas de transmisión de acceso óptico. La OAN puede incluir varias ODN conectadas a la misma OLT.

3.2 red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*): Aquella que proporciona el medio de transmisión óptico desde la OLT hasta los usuarios, y viceversa. Utiliza componentes ópticos pasivos.

3.3 terminación de línea óptica (OLT, *optical line termination*): Aquella que proporciona la interfaz en el lado red de la OAN y está conectada a una o varias ODN.

3.4 terminación de red óptica (ONT, *optical network termination*): ONU utilizada para FTTH y que incluye la función de puerto de usuario.

3.5 unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*): Aquella que proporciona (directamente o a distancia) la interfaz en el lado usuario de la OAN y está conectada a la ODN.

3.6 acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA, *time division multiple access*): Técnica de transmisión en la que se multiplexan muchos intervalos de tiempo en una misma parte útil.

3.7 multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*): Multiplexación bidireccional que emplea diferentes longitudes de onda para las señales ascendentes y descendentes.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

APD	Fotodiodo de avalancha (<i>avalanche photodiode</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error ratio</i>)
CID	Dígitos idénticos consecutivos (<i>consecutive identical digit</i>)
DFB	Láser con realimentación distribuida (<i>distributed feedback laser</i>)
DSL	Línea de abonado digital (<i>digital subscriber line</i>)
E/O	Eléctrico/óptico (<i>electrical/optical</i>)
FEC	Corrección de errores en recepción (<i>forward error correction</i>)
FTTH	Fibra a la vivienda (<i>fibre to the home</i>)
GPON	Red óptica pasiva con capacidad de gigabits (<i>gigabit-capable passive optical network</i>)

MLM	Modo multilongitudinal (<i>multi-longitudinal mode</i>)
MPN	Ruido de partición de modo (<i>mode partition noise</i>)
NRZ	Sin retorno a cero (<i>non return to zero</i>)
O/E	Óptico/eléctrico (<i>optical/electrical</i>)
OAN	Red de acceso óptico (<i>optical access network</i>)
ODF	Repartidor óptico (<i>optical distribution frame</i>)
ODN	Red de distribución óptica (<i>optical distribution network</i>)
OLT	Terminación de línea óptica (<i>optical line termination</i>)
ONT	Terminación de red óptica (<i>optical network termination</i>)
ONU	Unidad de red óptica (<i>optical network unit</i>)
ORL	Pérdida de retorno óptica (<i>optical return loss</i>)
PIN	Fotodiodo sin ganancia por avalancha interna (<i>photodiode without internal avalanche gain</i>)
PON	Red óptica pasiva (<i>passive optical network</i>)
PRBS	Secuencia pseudoaleatoria de bits (<i>pseudo-random bit sequence</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RDSI-BA	Red digital de servicios integrados de banda ancha
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SLM	Modo monolongitudinal (<i>single-longitudinal mode</i>)
SNI	Interfaz de nodo de servicio (<i>service node interface</i>)
SOA	Amplificador óptico de semiconductores (<i>semiconductor optical amplifier</i>)
TC	Convergencia de transmisión (<i>transmission convergence</i>)
TDM	Multiplexación por división en el tiempo (<i>time division multiplexing</i>)
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo (<i>time division multiple access</i>)
UI	Intervalo unitario (<i>unit interval</i>)
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user network interface</i>)
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda (<i>wavelength division multiplexing</i>)

5 Arquitectura de la red de acceso óptico

Véase la Rec. UIT-T G.983.1. Para mayor facilidad, se reproduce a continuación la figura 5/G.983.1.

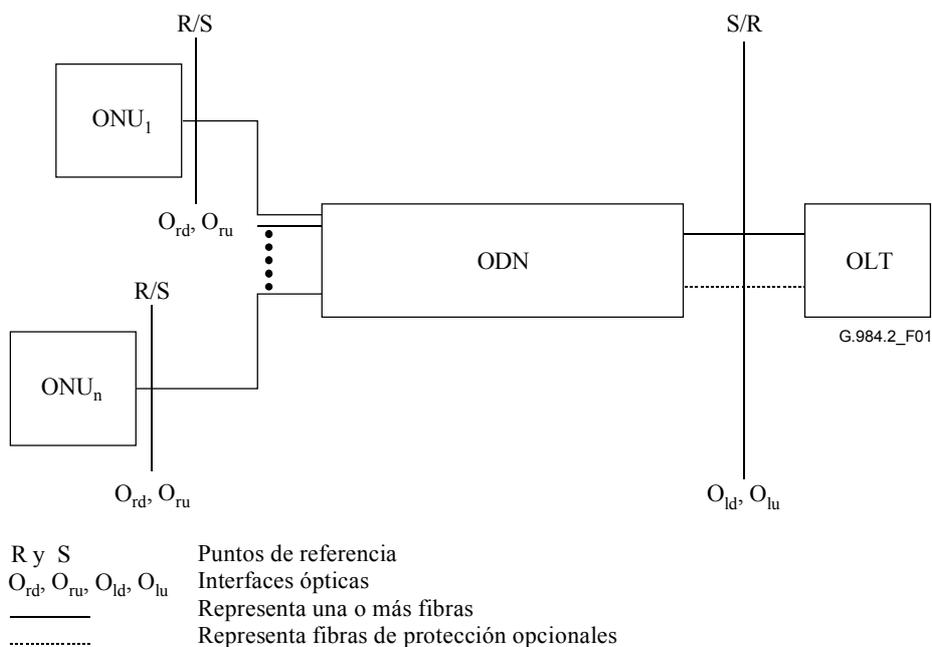


Figura 1/G.984.2 – Configuración física genérica de la red de distribución óptica (reproducción de la figura 5/G.983.1)

Los dos sentidos de transmisión óptica en la ODN se definen del siguiente modo:

- sentido descendente: el de las señales transmitidas de la OLT a la(s) ONU,
- sentido ascendente: el de las señales transmitidas de la(s) ONU a la OLT.

La transmisión en sentido descendente y la transmisión en sentido ascendente pueden tener lugar en la misma fibra y en los mismos componentes (funcionamiento dúplex/dúplex), o en fibras y componentes distintos (funcionamiento símplex).

6 Servicios

Véase la Rec. UIT-T G.984.1.

7 Interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio

Véase la Rec. UIT-T G.984.1.

8 Requisitos de la red óptica

8.1 Estructura de la red óptica dividida en capas

Véanse las Recomendaciones UIT-T G.983.1 y G.983.3.

8.2 Requisitos de la capa dependiente del medio físico para la GPON

8.2.1 Velocidad binaria nominal de la señal digital

La velocidad en la línea de transmisión debe ser múltiplo de 8 kHz. El sistema normalizado deseado tendrá las siguientes velocidades nominales de línea (sentido descendente/sentido ascendente):

- 1244,16 Mbit/s/155,52 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s/622,08 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s/1244,16 Mbit/s,

- 2488,32 Mbit/s/155,52 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/622,08 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/1244,16 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/2488,32 Mbit/s.

Los parámetros que se han de definir se categorizan por sentido descendente o ascendente y por velocidad binaria nominal como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1/G.984.2 – Relación entre categorías de parámetros y cuadros

Sentido de transmisión	Velocidad binaria nominal	Cuadro
Sentido descendente	1244,16 Mbit/s	Cuadro 2b (sentido descendente, 1244 Mbit/s)
	2488,32 Mbit/s	Cuadro 2c (sentido descendente, 2488 Mbit/s)
Sentido ascendente	155,52 Mbit/s	Cuadro 2d (sentido ascendente, 155 Mbit/s)
	622,08 Mbit/s	Cuadro 2e (sentido ascendente, 622 Mbit/s)
	1244,16 Mbit/s	Cuadro 2f-1 (sentido ascendente, 1244 Mbit/s) Cuadro 2f-2 (sentido ascendente, 1244 Mbit/s)
	2488,32 Mbit/s	Cuadro 2g-1 (sentido ascendente, 2488 Mbit/s) Cuadro 2g-2 (sentido ascendente, 2488 Mbit/s)

A continuación se especifican todos los parámetros que deben ajustarse al cuadro 2a (ODN) y a los cuadros 2b a 2g-2. En esta Recomendación, estos cuadros suelen denominarse cuadro 2. Hay un tipo independiente de ONU para cada combinación de velocidad binaria ascendente, velocidad binaria descendente y clase de pérdida en el trayecto óptico (clases A, B y C definidas en la Rec. UIT-T G.982).

Los valores de los parámetros especificados corresponden al caso más desfavorable en condiciones normales de funcionamiento (es decir, rangos de temperatura y humedad), incluidos los efectos del envejecimiento. Los parámetros se han especificado con relación a un objetivo de diseño de la sección óptica con una tasa de errores en los bits (BER, *bit error ratio*) mejor que 1×10^{-10} para el caso extremo de condiciones de atenuación y dispersión del trayecto óptico.

Esta Recomendación, en particular los valores de los cuadros 2b a 2g-2, es aplicable a los casos sin banda de mejora, descrita en la Rec. UIT-T G.983.3. En el caso de las GPON con aplicaciones de banda de mejora, es necesario definir un nuevo conjunto de parámetros, incluidos los requisitos de aislamiento entre las distintas bandas de longitudes de onda. Esto se puede describir en otra Recomendación, que tenga la misma relación con ésta que la que tiene la Rec. UIT-T G.983.3 con la Rec. UIT-T G.983.1. No obstante, la longitud de onda óptica especificada en esta Recomendación para el sentido descendente es conforme con la Rec. UIT-T G.983.3, a fin de lograr la integración paulatina de la banda de mejora para el futuro.

8.2.2 Medio físico y método de transmisión

8.2.2.1 Medio de transmisión

Esta Recomendación se basa en la fibra descrita en la Rec. UIT-T G.652.

8.2.2.2 Sentido de transmisión

La señal se transmite en ambos sentidos, ascendente y descendente por el medio de transmisión.

8.2.2.3 Método de transmisión

La transmisión bidireccional utiliza o bien la técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*) en una sola fibra, o bien la transmisión unidireccional en dos fibras (véase 8.2.5).

8.2.3 Velocidad binaria

Esta cláusula trata de los requisitos de velocidad binaria de la GPON.

8.2.3.1 En sentido descendente

La velocidad binaria nominal de la señal OLT a ONU es 1244,16 ó 2488,32 Mbit/s. Cuando la OLT y la central de extremo están en su estado de funcionamiento normal, esta velocidad puede medirse mediante un reloj Stratum-1 (precisión 1×10^{-11}). Cuando la central de extremo está en modo de funcionamiento libre, la velocidad de la señal descendente puede medirse mediante un reloj Stratum-3 (precisión $4,6 \times 10^{-6}$). Cuando la OLT se encuentra en modo de funcionamiento libre, la precisión de la señal descendente es la de un reloj Stratum-4 (precisión $3,2 \times 10^{-5}$).

8.2.3.2 En sentido ascendente

La velocidad binaria nominal de la señal ONU a OLT es 155,52, 622,08, 1244,16 ó 2488,32 Mbit/s. Cuando se encuentra en uno de sus estados de funcionamiento y se le autoriza, la ONU deberá transmitir su señal con una precisión igual a la de la señal descendente recibida. La ONU no deberá transmitir ninguna señal cuando no se encuentre en ninguno de sus estados de funcionamiento ni cuando carezca de autorización.

8.2.4 Código de línea

Tanto en sentido ascendente como descendente: codificación sin retorno a cero (NRZ, *non return to zero*).

No se ha definido método de aleatorización en la capa PMD.

El convenio utilizado para el nivel lógico óptico es el siguiente:

- nivel alto de emisión de luz para el UNO binario;
- nivel bajo de emisión de luz para el CERO binario.

8.2.5 Longitud de onda de trabajo

8.2.5.1 En sentido descendente

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido descendente en los sistemas de una sola fibra será 1480-1500 nm.

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido descendente en los sistemas de dos fibras será 1260-1360 nm.

8.2.5.2 En sentido ascendente

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido ascendente será 1260-1360 nm.

8.2.6 Transmisor en O_{ld} y O_{ru}

A continuación se especifican los parámetros que se ajustarán al cuadro 2.

8.2.6.1 Tipo de fuente

Véase 8.2.6.1/G.983.1.

8.2.6.2 Características espectrales

Véase 8.2.6.2/G.983.1.

8.2.6.3 Potencia media inyectada

La potencia media inyectada en O_{ld} y O_{ru} es la potencia media de una secuencia pseudoaleatoria de datos inyectada en la fibra por el transmisor. Se presenta como intervalo para optimizar el costo en cierta medida y prevenir cualquier eventualidad en condiciones normales de funcionamiento, de degradación de los conectores del transmisor, tolerancias de las mediciones y efectos del envejecimiento.

En el estado operativo, el valor más bajo es la potencia mínima que se suministrará y el más alto es la potencia que no se debe rebasar bajo ninguna circunstancia.

NOTA – Para la medición de la potencia inyectada en la interfaz óptica O_{ru} se debe tener en cuenta el carácter racheado del tráfico ascendente transmitido por las ONU.

8.2.6.3.1 Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor

En sentido ascendente, el transmisor de la ONU no debe inyectar potencia en la fibra en los intervalos que no hayan sido asignados a dicha ONU. No obstante, se permite un nivel de potencia óptica menor o igual que la potencia inyectada sin entrada al transmisor, especificada en los cuadros 2d a 2g-1. La ONU también deberá cumplir este requisito durante el tiempo de guarda de los intervalos que le hayan sido asignados, exceptuando los últimos bits de activación del transmisor que pueden utilizarse para la prepolarización del láser, y los bits de desactivación del transmisor inmediatamente a continuación de la célula asignada, durante la cual la salida cae a cero. El máximo nivel de potencia inyectado permitido durante la prepolarización del láser es el nivel cero correspondiente a la relación de extinción especificada en los cuadros 2d a 2g-1.

En la serie de cuadros 2d a 2g-1 se presenta la especificación del número máximo de bits de activación y desactivación del transmisor, para cada velocidad binaria en sentido ascendente.

8.2.6.4 Mínima relación de extinción

El convenio adoptado para los niveles lógicos ópticos es el siguiente:

- nivel alto de emisión de luz para el "1" lógico;
- nivel bajo de emisión de luz para el "0" lógico.

La relación de extinción (EX) se define del siguiente modo:

$$EX = 10 \log_{10} (A/B)$$

siendo A el nivel medio de potencia óptica en el centro del "1" lógico y B el nivel medio de potencia óptica en el centro del "0" lógico.

La relación de extinción para la señal en modo ráfaga en sentido ascendente se aplica desde el primer bit del preámbulo hasta el último bit de la señal de ráfaga inclusive. Esto no es aplicable a procedimientos finales relacionados con el establecimiento de la potencia óptica.

8.2.6.5 Reflectancia máxima del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor

Véase 8.2.6.5/G.983.1.

8.2.6.6 Plantilla del diagrama en ojo del transmisor

Véase 8.2.6.6/G.983.1.

8.2.6.6.1 Transmisor OLT

Los parámetros que definen la plantilla del diagrama en ojo se muestran en la figura 2.

8.2.6.6.2 Transmisor ONU

Los parámetros que definen la plantilla del diagrama en ojo se muestran en la figura 3.

La plantilla del diagrama en ojo para la señal en modo ráfaga en sentido ascendente se aplica desde el primer bit del preámbulo hasta el último bit de la señal de ráfaga inclusive. Esto no es aplicable a los procedimientos finales relativos al establecimiento de la potencia óptica.

8.2.6.7 Tolerancia a la potencia óptica reflejada

Debe satisfacerse la calidad de funcionamiento especificada para el transmisor cuando se alcanza, en el punto S, el nivel de reflexión óptica especificado en el cuadro 2.

8.2.7 Trayecto óptico entre O_{ld}/O_{ru} y O_{rd}/O_{lu}

8.2.7.1 Intervalo de atenuación

Véase 8.2.7.1/G.983.1.

8.2.7.2 Pérdida de retorno óptica mínima de la planta de cable en el punto R/S, incluidos los conectores

Véase 8.2.7.2/G.983.1.

8.2.7.3 Reflectancia discreta máxima entre los puntos S y R

Véase 8.2.7.3/G.983.1.

8.2.7.4 Dispersión

Véase 8.2.7.4/G.983.1.

8.2.8 Receptor en O_{rd} y O_{lu}

A continuación se especifican todos los parámetros que deberán ajustarse al cuadro 2.

8.2.8.1 Sensibilidad mínima

Véase 8.2.8.1/G.983.1.

8.2.8.2 Sobrecarga mínima

Véase 8.2.8.2/G.983.1.

8.2.8.3 Máxima penalización del trayecto óptico

El receptor deberá tolerar una penalización del trayecto óptico que no rebase 1 dB considerando la degradación total debida a las reflexiones, la interferencia entre símbolos, el ruido de partición de modo y la fluctuación del láser. En sentido ascendente, los tipos de láser especificados en el cuadro 2 producen menos de 1 dB de penalización de trayecto óptico sobre la ODN. Como se indica en la nota 5 de los cuadros 2e y 2f-1, se puede aceptar un aumento de penalización del trayecto óptico ascendente debida a la dispersión a velocidades binarias de 622 Mbit/s o superiores, siempre que todo aumento de penalización en el trayecto óptico por encima de 1 dB se compense con un aumento de la potencia inyectada transmitida mínima o un aumento de la sensibilidad mínima del receptor.

8.2.8.4 Máximo alcance lógico

El máximo alcance lógico se define como la longitud máxima que se puede alcanzar en un sistema de transmisión determinado independientemente del presupuesto óptico. Se mide en km y no está limitado por los parámetros de dispersión por modo de polarización (PMD, *polarization mode dispersion*) sino más bien por cuestiones relacionadas con la capa TC y la implementación.

8.2.8.5 Máximo alcance lógico diferencial

El alcance lógico diferencial es la máxima diferencia de alcance lógico entre todas las ONU. Se mide en km y no está limitado por los parámetros PMD sino por la capa TC y las cuestiones de implementación.

8.2.8.6 Máxima reflectancia del equipo receptor, medida a la longitud de onda del receptor

Véase 8.2.8.4/G.983.1.

8.2.8.7 Pérdida de trayecto óptico diferencial

Véase 8.2.8.5/G.983.1.

8.2.8.8 Capacidad de extracción del reloj

Véase 8.2.8.6/G.983.1.

8.2.8.9 Característica de fluctuación de fase

Esta cláusula trata de los requisitos de fluctuación de fase de las interfaces ópticas en la GPON.

8.2.8.9.1 Transferencia de la fluctuación de fase

La especificación de la transferencia de la fluctuación de fase se aplica solamente a la ONU.

La función de transferencia de la fluctuación de fase se define del siguiente modo:

$$\text{transf. de fluct. de fase} = 20 \log_{10} \left[\frac{\text{fluct. UI señal ascendente}}{\text{fluct. UI señal descendente}} \times \frac{\text{velocidad binaria descendente}}{\text{velocidad binaria ascendente}} \right]$$

La función de transferencia de fluctuación de fase de una ONU deberá estar por debajo de la curva de la figura 4, cuando se aplica una fluctuación de fase sinusoidal no superior al nivel de la plantilla de la figura 5, con los parámetros especificados en dicha figura para cada velocidad binaria.

8.2.8.9.2 Tolerancia de la fluctuación de fase

Véase 8.2.8.7.2/G.983.1.

8.2.8.9.3 Generación de la fluctuación de fase

La especificación de la generación de la fluctuación de fase se aplica solamente a la ONU.

Una ONU no deberá generar una fluctuación de fase cresta a cresta superior a 0,2 UI a velocidades binarias de 155,52 ó 622,08 Mbit/s ni superior a 0,33 UI cresta a cresta a 1244,16 Mbit/s, cuando no haya aplicada ninguna fluctuación de fase a la entrada descendente y la medición se efectúe en una anchura de banda especificada en los cuadros 2d a 2g-1. La máxima fluctuación de fase cresta a cresta permitida a 2488,32 Mbit/s y el intervalo de frecuencias de medición correspondientes quedan pendientes de estudio.

8.2.8.10 Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos (CID, *consecutive identical digit*)

La OLT y la ONU tendrán inmunidad a CID como se especifica en los cuadros 2b a 2g.

8.2.8.11 Tolerancia a la potencia reflejada

Véase 8.2.8.9/G.983.1.

8.2.8.12 Calidad de transmisión y característica de error

Véase 8.2.8.10/G.983.1.

Cuadro 2a/G.984.2 – Parámetros de la capa dependiente del medio físico de la ODN

Elementos	Unidad	Especificación
Tipo de fibra (Nota 1)	–	Rec. UIT-T G.652
Gama de atenuación (Rec. UIT-T G.982)	dB	Clase A: 5-20 Clase B: 10-25 Clase C: 15-30
Pérdida del trayecto óptico diferencial	dB	15
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1 (véase la nota 5 en los cuadros 2e y 2f-1)
Máximo alcance lógico	km	60 (Nota 2)
Máximo alcance lógico diferencial	km	20
Máxima distancia de fibra entre los puntos S/R y R/S	km	20 (10 como opción)
Mínima relación de división soportada	–	Restringida por la pérdida de trayecto PON con divisores pasivos (divisores de 16, 32 ó 64 vías)
Transmisión bidireccional	–	WDM de 1 fibra o 2 fibras
Longitud de onda de mantenimiento	nm	Por definir
<p>NOTA 1 – La utilización de tipos de fibra diferentes para ampliar el alcance (> 20 km) en el futuro, queda pendiente de estudio, a la espera de una nueva especificación de la PMD.</p> <p>NOTA 2 – Ésta es la máxima distancia gestionada por las capas superiores del sistema (MAC, TC, determinación de distancia), considerando la futura especificación de la PMD.</p>		

Cuadro 2b/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s en sentido descendente

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor OLT (interfaz óptica O_{ld})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longitud de onda de trabajo	nm	1480-1500			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ pseudoaleatorizado			NRZ pseudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 2			Figura 2		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	NA			NA		
Mínima ORL de ODN en O _{lu} y O _{ld} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–4	+1	+5	–4	+1	+5
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+1	+6	+9	+1	+6	+9

**Cuadro 2b/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s
en sentido descendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor OLT (interfaz óptica O_{ld})							
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	NA			NA		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que -15			mayor que -15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	NA			NA		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de -20 dB (Nota 3)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Receptor ONU (interfaz óptica O_{rd})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-25	-25	-26	-25	-25	-25
Sobrecarga mínima	dBm	-4	-4	-4 (Nota 4)	-4	-4	-4
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	Figura 5			Figura 5		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y a la relación mínima de supresión en modo lateral.</p> <p>NOTA 4 – Aunque sólo se requiere una sobrecarga de -6 dBm para soportar la ODN de clase C, en esta Recomendación se ha elegido un valor de sobrecarga de -4 dBm para uniformidad del receptor ONU en todas las clases de ODN.</p>							

**Cuadro 2c/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido descendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor OLT (interfaz óptica O_{ld})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longitud de onda de trabajo	nm	1480-1500			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 2			Figura 2		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	NA			NA		
Mínima ORL de ODN en O _{lu} y O _{ld} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	0	+5	+3 (Nota 4)	0	+5	+3 (Nota 4)
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+4	+9	+7 (Nota 4)	+4	+9	+7 (Nota 4)
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	NA			NA		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	NA			NA		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 3)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Receptor ONU (interfaz óptica O_{rd})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que –20			menor que –20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	–21	–21	–28 (Nota 4)	–21	–21	–28 (Nota 4)
Sobrecarga mínima	dBm	–1	–1	–8 (Nota 4)	–1	–1	–8 (Nota 4)
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	Figura 5			Figura 5		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		

**Cuadro 2c/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido descendente**

<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a la máxima anchura entre los puntos de -20 dB, y a la relación mínima de supresión en modo lateral.</p> <p>NOTA 4 – Estos valores suponen la utilización de un láser de alta potencia con realimentación distribuida (DFB, <i>distributed feedback</i>) para el transmisor OLT y de un receptor basado en APD para la ONU. Teniendo en cuenta los desarrollos futuros de la tecnología SOA, una implementación alternativa futura podría utilizar un láser DFB + SOA, o un diodo láser de alta potencia, para el transmisor OLT, lo que permitiría utilizar un receptor basado en PIN para la ONU. En ese caso los valores supuestos serían (condicionado a la reglamentación y medidas para la seguridad visual):</p> <p>Potencia media inyectada MÁX del transmisor OLT: +12 dBm</p> <p>Potencia media inyectada MÍN del transmisor OLT: +8 dBm</p> <p>Sensibilidad mínima del receptor ONU: -23 dBm</p> <p>Sobrecarga mínima del receptor ONU: -3 dBm</p>
--

**Cuadro 2d/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica
a 155 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	155,52			155,52		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que -6			menor que -6		
Mínima ORL de la ODN en O_{ru} y O_{rd} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	-6	-4	-2	-6	-4	-2
Potencia media inyectada MÁX	dBm	-0	+2	+4	-1	+1	+3
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima -10			menor que la sensibilidad mínima -10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	2			2		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	2			2		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		

**Cuadro 2d/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica
a 155 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que -15			mayor que -15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura cuadrática media	nm	5,8			5,8		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de -20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 0,5 kHz y 1,3 MHz	UI p-p	0,2			0,2		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-27	-30	-33	-27	-30	-33
Sobrecarga mínima	dBm	-5	-8	-11	-6	-9	-12
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión en modo lateral.</p>							

**Cuadro 2e/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica
a 622 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	622,08			622,08		
Longitud de onda de trabajo (Nota 5)	nm	MLM tipo 1 o SLM: 1260~1360 MLM tipo 2: 1280~1350 MLM tipo 3: 1288~1338			MLM tipo 1 o SLM: 1260~1360 MLM tipo 2: 1280~1350 MLM tipo 3: 1288~1338		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que –6			menor que –6		
Mínima ORL de la ODN en O _{ru} y O _{rd} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–6	–1	–1	–6	–1	–1
Potencia media inyectada MÁX	dBm	–1	+4	+4	–1	+4	+4
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima –10			menor que la sensibilidad mínima –10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	8			8		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	8			8		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz (Nota 5)	nm	MLM tipo 1: 1,4 MLM tipo 2: 2,1 MLM tipo 3: 2,7			MLM tipo 1: 1,4 MLM tipo 2: 2,1 MLM tipo 3: 2,7		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 2,0 kHz y 5,0 MHz	UI p-p	0,2			0,2		

**Cuadro 2e/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica
a 622 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	-	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-27	-27	-32	-27	-27	-32
Sobrecarga mínima	dBm	-6	-6	-11	-6	-6	-11
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	-	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión de modo lateral.</p> <p>NOTA 5 – Los tipos de transmisor que cumplen con especificaciones de anchura espectral más estrecha pueden utilizar intervalos de longitud de onda central mayores. Los tipos de láser especificados producen una penalización en el trayecto óptico menor que 1 dB en la ODN. Se pueden utilizar láseres con otros parámetros ópticos siempre que: 1) el intervalo de longitudes de onda no rebase 1260~1360 nm, y 2) cualquier aumento de penalización en el trayecto óptico mayor que 1 dB se compense con un aumento de la potencia inyectada transmitida mínima o con un aumento de la sensibilidad mínima del receptor.</p>							

**Cuadro 2f-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s
en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que –6			menor que –6		
Mínima ORL de la ODN en O _{ru} y O _{rd} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–3 (Nota 5)	–2	+2	–3 (Nota 5)	–2	+2
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+2 (Nota 5)	+3	+7	+2 (Nota 5)	+3	+7
Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima –10			menor que la sensibilidad mínima –10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	16			16		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	16			16		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	(Nota 5)			(Nota 5)		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 4,0 kHz y 10,0 MHz	UI p-p	0,33			0,33		

**Cuadro 2f-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s
en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{ru})							
Máxima reflectancia de equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	-	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-24 (Nota 6)	-28	-29	-24 (Nota 6)	-28	-29
Sobrecarga mínima	dBm	-3 (Nota 6)	-7	-8	-3 (Nota 6)	-7	-8
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	-	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión en modo lateral.</p> <p>NOTA 5 – Aunque los tipos de láser MLM no permiten soportar toda la distancia de fibra de la ODN indicada en el cuadro 2a, se pueden utilizar si la máxima distancia de fibra de la ODN entre puntos R/S y S/R se restringe a 10 km. Se pueden utilizar los tipos de láser MLM del cuadro 2e para soportar esta distancia de fibra restringida a 1244,16 Mbit/s. Estos tipos de láser han de cumplir las condiciones indicadas en la nota 5 del cuadro 2e.</p> <p>NOTA 6 – Estos valores suponen la utilización de un receptor basado en PIN en la OLT para la clase A. En función de la cantidad de ONU conectadas a la OLT, una implementación alternativa desde el punto de vista del costo podría utilizar en la OLT un receptor basado en APD, permitiendo utilizar láseres más económicos en las ONU, con menos potencia emitida acoplada a la fibra. En este caso los valores para la clase A serían:</p> <p>Potencia media inyectada MÍN del transmisor ONU: -7 dBm</p> <p>Potencia media inyectada MÁX del transmisor ONU: -2 dBm</p> <p>Sensibilidad mínima del receptor OLT: -28 dBm</p> <p>Sobrecarga mínima del receptor OLT: -7 dBm</p>							

Cuadro 2f-2/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s en sentido ascendente, utilizando un mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU

Elementos		Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})								
Clase de ODN			A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	-2 (Nota 2)	-2	+2	-2 (Nota 2)	-2	+2	
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+3 (Nota 2)	+3	+7	+3 (Nota 2)	+3	+7	
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})								
Clase de ODN			A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-23 (Nota 2)	-28	-29	-23 (Nota 2)	-28	-29	
Sobrecarga mínima	dBm	-8 (Nota 2)	-13	-14	-8 (Nota 2)	-13	-14	
<p>NOTA 1 – En este cuadro se indican únicamente los parámetros del cuadro 2f-1 que se modifican por la aplicación del mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU, concretamente las potencias inyectadas del transmisor ONU y la sensibilidad y sobrecarga del receptor OLT. Los demás parámetros y notas son idénticos a los del cuadro 2f-1.</p> <p>NOTA 2 – Estos valores suponen la utilización en la OLT de un receptor basado en PIN para la clase A. En función del número de ONU conectadas a la OLT, una implementación alternativa desde el punto de vista del costo podría utilizar en la OLT un receptor basado en APD, permitiendo utilizar láseres más económicos en las ONU con una potencia emitida acoplada a la fibra inferior. En este caso los valores para la clase A serían:</p> <p>Potencia media inyectada MÍN del transmisor ONU: -7 dBm Potencia media inyectada MÁX del transmisor ONU: -2 dBm Sensibilidad mínima del receptor OLT: -28 dBm Sobrecarga mínima del receptor OLT: -10 dBm</p> <p>La repercusión de la nivelación de potencia es menor, debido a la limitación de la potencia mínima de emisión para garantizar el diagrama en ojo.</p>								

**Cuadro 2g-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido ascendente**

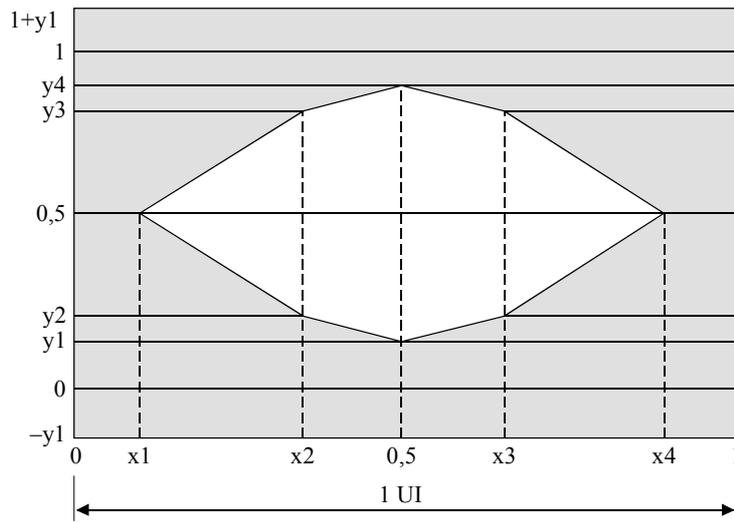
Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	FFS			FFS		
Mínima ORL de la ODN en O _{ru} y O _{rd}	dB	FFS			FFS		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia media inyectada MÁX	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor	dBm	FFS			FFS		
Máxima activación del Tx (Nota 2)	bits	32			32		
Máxima desactivación del Tx (Nota 2)	bits	32			32		
Relación de extinción	dB	FFS			FFS		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	FFS			FFS		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	FFS			FFS		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB	nm	FFS			FFS		
Si el láser es SLM– Mínima relación de supresión de modo lateral	dB	FFS			FFS		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase (el intervalo de frecuencias de medición se encuentra en estudio)	UI p-p	FFS			FFS		

**Cuadro 2g-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido ascendente**

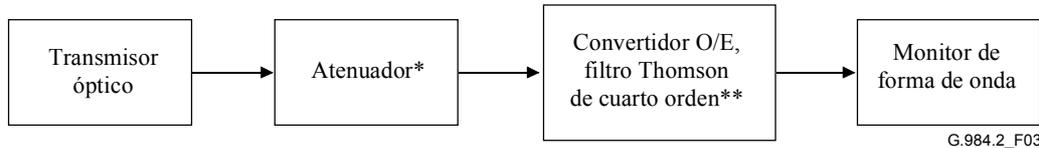
Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	FFS			FFS		
Tasa de errores en los bits	–	FFS			FFS		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Sobrecarga mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	FFS			FFS		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	FFS			FFS		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	FFS			FFS		
NOTA 1 – FFS = "en estudio" (<i>for further study</i>)							
NOTA 2 – Definida en 8.2.6.3.1.							

**Cuadro 2g-2/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido ascendente, utilizando el mecanismo de nivelación
de potencia en el transmisor ONU**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia media inyectada MÁX	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})							
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Sobrecarga mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
NOTA – En este cuadro se indican únicamente los parámetros del cuadro 2g-1 que se modifican por aplicación del mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU, concretamente las potencias inyectadas del transmisor ONU y la sensibilidad y sobrecarga del receptor OLT. Los demás parámetros y notas son idénticos a los del cuadro 2g-1.							



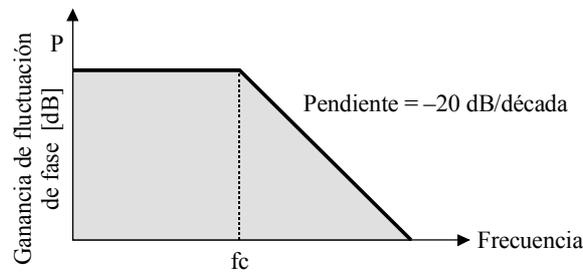
	155,52 Mbit/s	622,08 Mbit/s	1244,16 Mbit/s	2488,32 Mbit/s
x1/x4	0,10/0,90	0,20/0,80	0,22/0,78	En estudio
x2/x3	0,35/0,65	0,40/0,60	0,40/0,60	En estudio
y1/y4	0,13/0,87	0,15/0,85	0,17/0,83	En estudio
y2/y3	0,20/0,80	0,20/0,80	0,20/0,80	En estudio



* El atenuador se utiliza si es necesario

** Frecuencia de corte del filtro (frecuencia de atenuación de 3 dB) es 0,75 veces la velocidad binaria nominal de salida

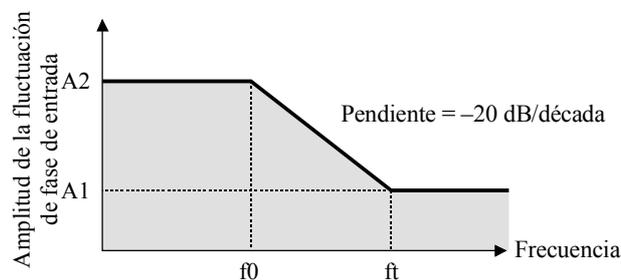
Figura 3/G.984.2 – Plantilla del diagrama en ojo de la señal de transmisión en sentido descendente



Velocidad binaria en el sentido descendente (Mbit/s)	fc [kHz]	P [dB]
1244,16	1000	0,1
2488,32	2000	0,1

G.984.2_F04

Figura 4/G.984.2 – Transferencia de fluctuación de fase de la ONU



Velocidad binaria en el sentido descendente (Mbit/s)	ft [kHz]	f0 [kHz]	A1 [UIp-p]	A2 [UIp-p]
1244,16	500	50	0,075	0,75
2488,32	1000	100	0,075	0,75

G.984.2_F05

Figura 5/G.984.2 – Plantilla de tolerancia de la fluctuación de fase de la ONU

8.3 Interacción entre la capa PMD de la GPON y la capa TC

Como se indicó anteriormente, en esta Recomendación se describen las características de la capa PMD de una red de acceso óptico (OAN) con capacidad para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicio. Sin embargo, algunas de las funcionalidades de la GPON pertenecen a las dos capas, PMD y TC, o tienen repercusión sobre ambas. En los siguientes apartados se describen esas funcionalidades y se explica la relación entre la capa PMD de la GPON y la capa TC. Esta última se especifica en otra Recomendación UIT-T.

8.3.1 Corrección de errores en recepción

Los sistemas que utilizan la corrección de errores en recepción (FEC, *forward error correction*) podrán soportar las gamas de atenuación para la ODN que se indican en el cuadro 2a con transmisores y receptores de inferior calidad de funcionamiento que los indicados en los cuadros 2b a 2g-2.

La ganancia óptica efectiva G de los sistemas que utilizan FEC se define como la diferencia de potencia óptica a la entrada del receptor, con y sin FEC, para una BER = 1×10^{-10} .

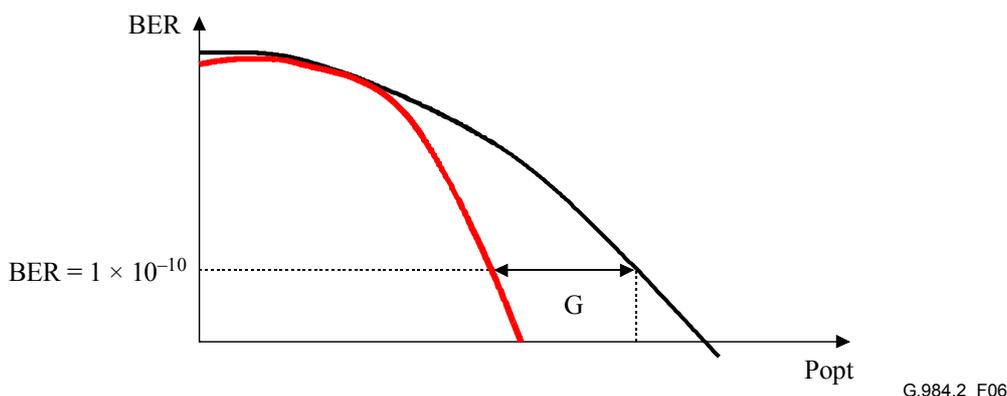


Figura 6/G.984.2 – Ganancia óptica efectiva G alcanzada con FEC

Los sistemas que emplean FEC con una ganancia óptica efectiva G , expresada en dB, pueden utilizar cualquiera de las dos variantes de calidad de funcionamiento siguientes de los cuadros 2 (pero no ambas, para facilitar el interfuncionamiento):

- i) las potencias mínima y máxima del transmisor pueden reducirse en G , o
- ii) la sensibilidad mínima del receptor puede disminuirse en G .

Alternativamente, manteniendo la misma calidad de funcionamiento de los transmisores y receptores indicada en los cuadros 2b a 2g-2, se puede utilizar la ganancia G de codificación óptica efectiva para lograr un alcance físico mayor o una relación de división más alta cuando se emplea un láser MLM en la ONU. En este caso se usa FEC para reducir la penalización debida al ruido de partición de modo (MPN, *mode partition noise*).

La FEC se implementa en la capa TC, por lo cual no se describe en esta Recomendación.

La ganancia de FEC no altera la especificación de la sobrecarga del receptor.

8.3.2 Mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU

Los requisitos del receptor OLT implican la utilización de implementaciones basadas en el fotodiodo de avalancha (APD, *avalanche photodiode*) a velocidades binarias de 1244,16 Mbit/s o superiores. Los receptores deben tener una gran sensibilidad y un gran margen dinámico para la recepción en modo ráfaga a velocidades binarias altas. Esto condiciona el factor de multiplicación M del receptor basado en APD de una manera complicada, particularmente para la GPON cuando soporta la banda de mejora cuyos requisitos son más estrictos debido a las pérdidas y a las variaciones de éstas en los componentes WDM adicionales.

Para flexibilizar el margen dinámico del receptor OLT, hay que reducir el nivel de potencia de transmisión de las ONU con bajas pérdidas ODN a fin de evitar la sobrecarga del receptor OLT. Por esta razón, se ha de implementar un mecanismo de nivelación de potencia apropiado.

El mecanismo de nivelación de potencia necesita funcionalidades que pertenecen a la capa TC, como la capacidad de la ONU para aumentar/disminuir la potencia transmitida mediante mensajes que envía la OLT en sentido descendente. En esta Recomendación no se describen estas funcionalidades, ni la capacidad para llevar a cabo la nivelación de potencia durante la etapa de inicialización o durante el funcionamiento.

Más adelante se presentan los requisitos de la capa PMD para la utilización de un mecanismo de nivelación de potencia apropiado para los sistemas GPON. Los antecedentes de los requisitos se describen en el apéndice II.

- a) Hay tres modos de potencia de salida de la ONU. La PMD se puede controlar localmente para que funcione en cualquier modo. En función de la instrucción de control, la PMD

llevará a cabo las acciones necesarias para que la potencia de salida esté dentro del intervalo especificado a continuación:

Modo 0: Normal (potencia media inyectada MÍN/MÁX como se indica en los cuadros 2f-2 y 2g-2)

Modo 1: Baja 1 = Normal -3 dB

Modo 2: Baja 2 = Normal -6 dB

- b) La OLT mide la potencia óptica media, P , de cada ráfaga de la ONU. La OLT compara esta medición con uno o dos umbrales (umbral bajo, TL, y umbral alto, TH), y emite una de las tres indicaciones siguientes:

$P > TH$: indicación de potencia_alta (power_high)

$P < TL$: indicación de potencia_baja (power_low)

$TL < P < TH$: indicación de potencia_correcta (power_ok)

NOTA – TL siempre es necesario (funcionamiento con umbral único), mientras que TH es un requisito opcional (funcionamiento con umbral doble).

El intervalo de incertidumbre en la comparación de umbrales debe ser de 4 dB como máximo.

- c) Si se tienen en cuenta los valores de potencia óptica correspondientes a la sensibilidad mínima P_{ms} del receptor de la OLT y la sobrecarga mínima P_{mo} indicadas en los cuadros 2f-2 y 2g-2, los valores de TH y TL deben satisfacer las siguientes condiciones:

Funcionamiento con umbral doble:

$$R1: P_{mo} > TH > (P_{mo} - 4 \text{ dB})$$

$$R2: (P_{ms} + 5 \text{ dB}) > TL > (P_{ms} + 1 \text{ dB})$$

$$R3: TH - TL > 8 \text{ dB}.$$

Funcionamiento con umbral único:

$$R2: (P_{ms} + 7 \text{ dB}) > TL > (P_{ms} + 1 \text{ dB}).$$

- d) El receptor de la OLT debe ser capaz de medir la potencia de ráfaga (aunque no pueda leer los datos con fiabilidad) con una sensibilidad de -5 dB (véanse los cuadros 2f-2 y 2g-2).

Las ventajas del mecanismo de nivelación de potencia son:

- La disminución del requisito de margen dinámico del receptor OLT, ya que una ONU con una pérdida de ODN baja se configura con una potencia de transmisión baja.
- El aumento de la vida útil del láser y la disminución del consumo de potencia cuando la ONU funciona en modo de baja potencia.

El mecanismo de nivelación de potencia permite suavizar los requisitos del receptor OLT, como se indica en los cuadros 2f-2 y 2g-2.

8.3.3 Tara de la capa física en sentido ascendente

La estructura de la trama GPON se describe en otra Recomendación UIT-T dedicada a la especificación de la capa TC. No obstante, se antepondrá a las ráfagas en sentido ascendente una tara de capa física apropiada, para acomodar varios procesos físicos en la GPON. En el cuadro 3 se muestra la longitud de la tara de la capa física para todas las velocidades binarias en sentido ascendente que se especifican en esta Recomendación.

**Cuadro 3/G.984.2 – Tara de la capa física
en sentido ascendente en la GPON**

Velocidad binaria en sentido ascendente	Bytes de tara
155,52 Mbit/s	4
622,08 Mbit/s	8
1244,16 Mbit/s	12
2488,32 Mbit/s	24

Además, en el apéndice I se presenta información sobre los procesos físicos que se han de llevar a cabo en tiempo de tara de la capa física (T_{plo} , *physical layer overhead time*), y algunas directrices para la utilización óptima del mismo.

Apéndice I

Asignación del tiempo de tara de la capa física (informativo)

El tiempo de tara de la capa física (T_{plo}) se utiliza para acomodar cinco procesos físicos de la PON. Éstos son: tiempo de activación/desactivación del láser, tolerancia de deriva de la temporización, recuperación de nivel, recuperación de reloj e inicio de la delimitación de ráfaga. La división exacta del tiempo de tara de la capa física entre todas estas funciones se determina en parte mediante inecuaciones de restricción y en parte por opciones de la implementación. En este apéndice se examinan las restricciones que debe observar la OLT, y se sugieren valores discrecionales.

Como se muestra en el cuadro I.2, se proponen valores específicos de T_{on} , T_{off} y T_{plo} para las distintas velocidades de datos. T_{plo} puede dividirse en tres secciones en función del patrón de datos ONT deseado. Para mayor sencillez, estos tiempos pueden denominarse tiempo de guarda (T_g , *guard time*), tiempo de preámbulo (T_p , *preamble time*) y tiempo delimitador (T_d , *delimiter time*). Durante T_g , la ONT no transmitirá más potencia que el nivel cero nominal. Durante T_p , la ONT transmitirá un patrón de preámbulo que proporciona la máxima densidad de transición para las funciones de recuperación rápida de nivel y de reloj. Finalmente, durante T_d , la ONT transmitirá un patrón de datos especial con propiedades de autocorrelación óptimas que permitirán que la OLT encuentre el principio de la ráfaga.

La incertidumbre de temporización total cresta a cresta (T_u , *timing uncertainty*) es un parámetro adicional de la lógica de control de la PON. Esta incertidumbre surge de las variaciones del tiempo de vuelo provocadas por las variaciones de la fibra y de los componentes con la temperatura y otros factores ambientales.

Las inecuaciones de restricción que debe observar la OLT son por consiguiente:

$$T_g > T_{on} + T_u, \text{ y}$$

$$T_g > T_{off} + T_u$$

T_d debe proporcionar suficientes bits de datos para que la función delimitadora sea robusta ante los errores en los bits. La resistencia del delimitador a los errores depende de la implementación exacta del dispositivo de correlación del patrón, pero una relación aproximada sencilla entre el número de bits en el delimitador (N) y el número de bits erróneos tolerados (E) es:

$$E = \text{int}(N/4) - 1 \tag{I-1}$$

La ecuación I-1 ha sido verificada empíricamente mediante la búsqueda numérica de todos los delimitadores con tamaño entre 8 y 20 bits. Esta búsqueda se llevó a cabo suponiendo que el preámbulo se ajustaba a un patrón repetitivo '1010' y que el delimitador tenía un número igual de ceros y de unos. La distancia de Hamming, D, del mejor delimitador de todos los patrones desplazados de sí mismos y del preámbulo es $D = \text{int}(N/2) - 1$; que arroja la tolerancia a errores mostrada.

Para una determinada tasa de errores en los bits (BER), la probabilidad de una ráfaga con errores graves (Pseb) viene dada por:

$$P_{seb} = \left(\frac{N}{E+1} \right) BER^{E+1} \quad (I-2)$$

Sustituyendo la ecuación I-1 en la ecuación I-2, la Pseb resultante viene dada por:

$$P_{seb} = \left(\frac{N}{\text{int}(N/4)} \right) BER^{\text{int}(N/4)} \quad (I-3)$$

Si BER es igual a $1E-4$, la Pseb resultante para diversas longitudes N del delimitador, se recoge en el cuadro I.1. Puede observarse en este cuadro que, para suprimir este tipo de error, la longitud del delimitador debe ser de 16 bits como mínimo.

Cuadro I.1/G.984.2 – Probabilidad de una ráfaga con errores graves en función de la longitud del delimitador

N	Pseb
8	2,8E-07
12	2,2E-10
16	1,8E-13
20	1,5E-16
24	1,3E-19

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el cuadro I.2 recoge las asignaciones recomendadas para la tara de la capa física. Este cuadro presenta también, como referencia, los valores normativos de los tiempos de activación y desactivación del transmisor ONT, y el tiempo total de tara de la capa física.

Cuadro I.2/G.984.2 – Asignaciones sugeridas de tiempo de tara en modo ráfaga para las funciones OLT

Velocidad de datos en sentido ascendente (Mbit/s)	Activación del transmisor (bits)	Desactivación del transmisor (bits)	Tiempo total (bits)	Tiempo de guarda (bits)	Tiempo de preámbulo (bits)	Tiempo del delimitador (bits)
155,52	2	2	32	6	10	16
622,08	8	8	64	16	28	20
1244,16	16	16	96	32	44	20
2488,32	32	32	192	64	108	20
Notas	Máximo	Máximo	Obligatorio	Mínimo	Sugerido	Sugerido

Apéndice II

Descripción del mecanismo de nivelación de potencia y ejemplos

II.1 Introducción

En este apéndice se ilustran las distintas consideraciones que se han de tener en cuenta a fin de realizar un mecanismo de nivelación de potencia estable y eficiente. Estas consideraciones conducen a los requisitos de 8.3.2.

II.2 Niveles de la ONU

La potencia del transmisor de la ONU (potencia media inyectada MÍN y MÁX) se describe en los cuadros 2f-2 y 2g-2. Estos valores corresponden al modo 0. Los correspondientes a los modos 1 y 2 son respectivamente 3 dB y 6 dB inferiores. Por ejemplo, una ONU clase B a 1244 Mbit/s con capacidad de nivelación de potencia se ajustará a los siguientes intervalos de potencia de salida:

Modo 0: MÍN = -2 dBm ≤ potencia media inyectada ≤ MÁX = +3 dBm

Modo 1: MÍN = -5 dBm ≤ potencia media inyectada ≤ MÁX = 0 dBm

Modo 2: MÍN = -8 dBm ≤ potencia media inyectada ≤ MÁX = -3 dBm

La OLT controla el mecanismo de nivelación de potencia y determina los cambios de nivel necesarios. Cuando la ONU recibe una orden de cambio de modo, puede adaptar su potencia de emisión al intervalo correspondiente al nuevo modo y reanudar la transmisión de datos en sentido ascendente. Obsérvese que siempre que se respeten los intervalos, el cambio efectivo de potencia de la ONU de un modo a otro no tiene que ser necesariamente igual al paso de 3 dB o de 6 dB.

Ejemplo 1

- Una ONU en el modo 1 emite a -1 dBm.
- Esta ONU recibe un mensaje para pasar al modo 0 (aumentar su valor en +3 dB).
- La nueva potencia efectiva emitida es ahora de +1 dBm que, aunque no es exactamente 3 dB mayor, está dentro del intervalo del modo 0.

Ejemplo 2

- Una ONU en modo 2 emite a -4 dBm.
- La ONU recibe un mensaje para pasar al modo 1 (aumenta su valor en +3 dB).
- La nueva potencia efectiva emitida es -5 dBm que, aunque menor que la potencia anterior, está dentro del intervalo del modo 1.
- La OLT medirá una potencia más baja que la esperada. Por consiguiente, el algoritmo de la OLT enviará otra instrucción para aumentar en 3 dB (paso al modo 0).
- La ONU pasará a emitir en el intervalo del modo 0, cuyo mínimo es -2 dBm.

II.3 Umbrales en la OLT

El receptor OLT mide el nivel de potencia entrante a una ONU determinada y lo compara con los umbrales. Esta medición comporta una determinada incertidumbre, debido a la imprecisión específica de la implementación (fuentes de alimentación, linealidad del receptor en alta potencia, variaciones de la tensión de alimentación, efectos de la temperatura sobre las etapas eléctricas del amplificador, etc.). Esto provoca incertidumbre del valor de umbral efectivo cuando se compara con su valor teórico. Deberán tenerse en cuenta estas incertidumbres para garantizar un mecanismo de nivelación de potencia completo y estable. Se requiere que el intervalo de incertidumbre del umbral sea como máximo de 4 dB en todo el intervalo de funcionamiento.

Teniendo en cuenta los valores de la potencia óptica correspondiente a la sensibilidad mínima P_{ms} del receptor OLT y la sobrecarga mínima P_{mo} que figuran en los cuadros 2f-2 y 2g-2, el intervalo de potencias admisibles en el receptor OLT para un funcionamiento correcto será por lo tanto de $(P_{ms} + 1 \text{ dB})$ a P_{mo} . Obsérvese que P_{ms} incluye una penalización de 1 dB (véase 8.2.8.3) que no debe considerarse para la potencia óptica mínima. El mecanismo de nivelación de potencia debe garantizar una potencia correcta en el receptor OLT. Hay dos tipos de mecanismos: el de umbral único y el de umbral doble.

II.3.1 Tipo 1: Comparación con dos umbrales (TL, TH)

En este caso el mecanismo de nivelación de potencia actúa comparando la potencia media recibida en la OLT (P) con dos umbrales distintos (TL y TH). Cuando $P < TL$, la potencia en la OLT se considera demasiado baja por lo que la ONU debe pasar al modo más alto. Cuando $P > TH$, la potencia en la OLT se considera demasiado alta por lo que la ONU debe pasar a un modo más bajo. Cuando $TH > P > TL$, la potencia en la OLT se considera adecuada y la ONU puede permanecer en su modo actual.

- 1) El valor efectivo de TH debe garantizar que:
 - Se detecte cualquier nivel de potencia por encima de la sobrecarga del receptor OLT: $P_{mo} > TH$.
 - Si una ONU pasa a un modo inferior debido a que $P > TH$, el receptor OLT no pueda estar por debajo de la sensibilidad:

$$TH > P_{mo} - ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx M\AA X}} - P_{ONU \text{ Tx M\I N}}))$$
 O lo que es lo mismo: $TH > P_{mo} - 6 \text{ dB}$.
- 2) El valor efectivo de TL debe garantizar que:
 - Se detecte cualquier nivel de potencia por debajo de la sensibilidad del receptor OLT: $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$.
 - Si una ONU pasa a un modo superior debido a que $P < TL$, el receptor OLT no entre en sobrecarga:

$$(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx M\AA X}} - P_{ONU \text{ Tx M\I N}})) > TL$$
 O lo que es lo mismo: $P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$.
- 3) La combinación de valores efectivos de TL y TH debe garantizar que:
 - El mecanismo sea estable (no haya basculación repetitiva entre los distintos modos). Si una ONU cambia de modo debido a que $P < TL$ o $P > TH$, el nuevo nivel de potencia en el receptor OLT no pueda cruzar el umbral opuesto. Esto equivale a definir una separación mínima entre TH y TL.

$$TH - TL > 3 \text{ dB} + (P_{ONU \text{ Tx M\AA X}} - P_{ONU \text{ Tx M\I N}})$$
 Lo que equivale a: $TH - TL > 8 \text{ dB}$.

Este último requisito combinado restringe los requisitos individuales de TH y TL, ya que deben estar separados 8 dB como mínimo. Teniendo en cuenta el requisito del margen de incertidumbre máximo de 4 dB, lo más apropiado para el primero y segundo requisitos (máxima separación entre TH y TL) es:

$$R1 : P_{mo} > TH > P_{mo} - 4 \text{ dB}$$

$$R2 : P_{ms} + 5 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$$

Como R1 y R2 sólo garantizan una separación de 6 dB, también debe cumplirse el tercer requisito:

$$R3 : TH - TL > 8 \text{ dB}$$

R1, R2 y R3 juntos permitirán una variación de TH y TL superior a 4 dB en todo el rango de funcionamiento de la OLT (temperatura, ...) pero se requiere que en todo momento TH y TL estén separados 8 dB como mínimo.

Si la precisión de la medición de potencia de una OLT es mayor que 4 dB, se puede elegir cualquier combinación de TH y TL siempre que se respeten R1, R2 y R3.

II.3.2 Caso 2: Comparación con un umbral (TL)

El mecanismo de nivelación de potencia se implementa iniciando todas las ONU en el modo 2 (durante su inicialización) y comparando la potencia media recibida en la OLT (P) con un umbral (TL). Cuando $P < TL$, la potencia en OLT se considera demasiado baja y la ONU debe pasar a un modo más alto. Cuando $P > TL$ la potencia en la OLT se considera apropiada y la ONU puede permanecer en el modo actual.

El valor efectivo de TL debe garantizar que:

- Se detecte cualquier nivel de potencia por debajo de la sensibilidad del receptor OLT: $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$.

- Si una ONU pasa a un modo más alto debido a que $P > TL$, el receptor OLT no pueda estar dentro de los límites de sobrecarga:

$$(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx M\AA X}} - P_{ONU \text{ Tx M\I N}})) > TL.$$

$$\text{O lo que es lo mismo: } P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL.$$

Por consiguiente, el requisito para el nivel efectivo TL es:

$$R2 : P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}.$$

Con una gama de incertidumbre de 4 dB, esto ofrece una opción para la configuración de TL:

Ejemplo 1 para la clase B a 1244 Mbit/s: $-23 \text{ dBm} > TL > -27 \text{ dBm}$.

Ejemplo 2 para la clase B a 1244 Mbit/s: $-21 \text{ dBm} > TL > -25 \text{ dBm}$.

II.4 Detección de potencia

Para inicializar nuevas ONU, la OLT abre periódicamente ventanas de determinación de distancia durante las cuales las nuevas ONU pueden enviar ráfagas en sentido ascendente. La OLT debe ser capaz de detectar la presencia de cualquier nueva ONU. Esto implica que cuando las nuevas ONU se inician en modo 2, la OLT debe ser capaz de detectar (aunque no es necesario que lea los datos) una potencia óptica tan débil como $(P_{ms} + 1 \text{ dB}) - 6 \text{ dB} = P_{ms} - 5 \text{ dB}$.

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
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
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