

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.959.1**

(03/2006)

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

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –  
Sistemas de línea digital

---

**Interfaces de capa física de red óptica de  
transporte**

Recomendación UIT-T G.959.1



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 SATELITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	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
<b>Sistemas de línea digital</b>	<b>G.950–G.959</b>
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
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

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

# **Recomendación UIT-T G.959.1**

## **Interfaces de capa física de red óptica de transporte**

### **Resumen**

Esta Recomendación contiene especificaciones para las interfaces interdominios (IrDI) de capa física en redes ópticas que puedan emplear multiplexación por división en longitud de onda (WDM). Las IrDI de la red óptica de transporte (OTN) son proporcionadas por sistemas unidireccionales de línea monocanal y multicanal punto a punto. Su finalidad principal es la de actuar como interfaces transversalmente compatibles que salven la demarcación entre dos dominios administrativos. Las especificaciones de las IrDI incluyen aplicaciones de conexión local, de corta distancia y de larga distancia, sin amplificadores de línea.

Esta versión de la Recomendación incluye interfaces monocanal hasta la OTU3 (40 Gbit/s).

### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.959.1 fue aprobada el 29 de marzo de 2006 por la Comisión de Estudio 15 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

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

© UIT 2007

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

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
2.1 Referencias normativas .....	1
2.2 Referencias informativas .....	2
3 Términos y definiciones .....	2
3.1 Definiciones.....	2
3.2 Términos definidos en otras Recomendaciones .....	3
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos .....	3
5 Clasificación de las interfaces ópticas .....	5
5.1 Aplicaciones .....	5
5.2 Puntos de referencia .....	6
5.3 Nomenclatura .....	7
5.4 Interfaces interdominios multicanal .....	9
5.5 Interfaces interdominios monocanal.....	11
5.6 Implementación de señales de gestión .....	15
6 Compatibilidad transversal .....	15
7 Definición de los parámetros .....	15
7.1 Gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema.....	15
7.2 Parámetros .....	16
8 Valor de los parámetros .....	28
8.1 IrDI multicanal .....	28
8.2 IrDI monocanal.....	30
9 Consideraciones sobre seguridad óptica.....	42
10 Gestión del nivel de potencia.....	42
Anexo A – Configuración del método A de evaluación de las características monocanal en una IrDI multicanal .....	43
A.1 Configuración de referencia .....	43
Anexo B – Características del filtro paso banda óptico y del receptor de referencia del método B, para la evaluación de las características monocanal en una IrDI multicanal .....	44
B.1 Configuración de referencia .....	44
B.2 Filtro paso banda óptico de referencia.....	44
B.3 Receptor de referencia .....	45
Apéndice I – Interfaces clientes monocanal con regeneración 3R .....	46
I.1 Introducción.....	46
I.2 Descripción de las interfaces de señal cliente con regeneración 3R .....	46
Apéndice II – Puntos de referencia genéricos de la OTN.....	47
Apéndice III – Clarificación del uso de puntos de referencia en la IrDI y la IaDI.....	48

	<b>Página</b>
Apéndice IV – Consideraciones sobre la implementación de señales de gestión.....	49
IV.1    Implementación de las señales de gestión del canal óptico.....	49
IV.2    Implementación de las señales de gestión de la sección múltiplex óptica y de la sección de transmisión óptica .....	49
Apéndice V – Nomenclatura para la clase más alta de señal afluyente óptica soportada.....	50
Apéndice VI – Aplicaciones de la clase de señal afluyente óptica RZ 40G.....	50
Apéndice VII – Aplicaciones que utilizan compensación electrónica de la distorsión .....	52

# Recomendación UIT-T G.959.1

## Interfaces de capa física de red óptica de transporte

### 1 Alcance

Esta Recomendación contiene especificaciones para las interfaces interdominios (IrDI, *inter-domain interface*) de capa física en redes ópticas que puedan emplear multiplexación por división en longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*). Las especificaciones de capa física son válidas para las IrDI no OTN, aunque también se permite su aplicación a las IrDI OTN de acuerdo con la Rec. UIT-T G.709/Y.1331. En el caso de IrDI no OTN no se requieren las capacidades de gestión OTN. Las IrDI de la red óptica de transporte (OTN, *optical transport network*) son proporcionadas por sistemas unidireccionales de línea monocanal y multicanal punto a punto. Su finalidad principal es la de actuar como interfaces transversalmente compatibles que salven la demarcación entre dos dominios administrativos. Las especificaciones de IrDI incluyen aplicaciones de conexión local, de corta distancia y de larga distancia, sin amplificadores de línea.

NOTA – A los efectos de la presente Recomendación, se entiende por "dominio administrativo" el ámbito de los recursos pertenecientes a un solo participante, tal como operador de red, proveedor de servicios o usuario final. Los dominios administrativos de diferentes participantes no se solapan.

Las especificaciones se organizan con arreglo a códigos de aplicación que tienen en cuenta las muchas combinaciones posibles de cuentas de canal, tipos de señal afluente óptica, longitud de los tramos, tipos de fibra y configuraciones del sistema. La configuración de referencia y los códigos de aplicación constituyen la base para la especificación de los parámetros de capa física de interconexión de redes ópticas.

En la presente Recomendación no se ha considerado la utilización de un canal de supervisión óptico. En futuras versiones de la presente Recomendación y en nuevas Recomendaciones se tratará con más detenimiento este aspecto de la OTN, lo que posiblemente supondrá una organización de los elementos de la red óptica a uno y otro lado de una interfaz de subred óptica, más compleja que la de punto a punto. Para estas aplicaciones pueden requerirse otros parámetros además de los especificados para una configuración punto a punto.

En esta Recomendación se supone que las señales afluentes ópticas transportadas por canales ópticos son mayoritariamente digitales y no analógicas. Las especificaciones para sistemas que permitan el transporte de señales afluentes ópticas analógicas quedan en estudio.

### 2 Referencias

#### 2.1 Referencias normativas

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por ser mencionadas en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y demás referencias son susceptibles de revisión, por lo que se invita a los usuarios de esta Recomendación a considerar la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y demás referencias citadas a continuación. Periódicamente se publica una lista de las Recomendaciones del UIT-T vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- Recomendación UIT-T G.652 (2005), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo.*
- Recomendación UIT-T G.653 (2003), *Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada.*

- Recomendación UIT-T G.655 (2006), *Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula.*
- Recomendación UIT-T G.664 (2006), *Procedimientos y requisitos de seguridad óptica para sistemas ópticos de transporte.*
- Recomendación UIT-T G.691 (2006), *Interfaces ópticas para los sistemas monocanal STM-64 y otros sistemas de la jerarquía digital síncrona con amplificadores ópticos.*
- Recomendación UIT-T G.692 (1998), *Interfaces ópticas para sistemas multicanales con amplificadores ópticos.*
- Recomendación UIT-T G.693 (2005), *Interfaces ópticas para sistemas de conexión local.*
- Recomendación UIT-T 694.1 (2002), *Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división en longitud de onda: Plan de frecuencias con multiplexación por división en longitud de onda densa.*
- Recomendación UIT-T G.707/Y.1322 (2003), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.*
- Recomendación UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaz para la red óptica de transporte.*
- Recomendación UIT-T G.872 (2001), *Arquitectura de las redes ópticas de transporte.*
- Recomendación UIT-T G.957 (2006), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona.*
- CEI 60825-1 (2001), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide.*
- CEI 60825-2 (2005), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS).*

## 2.2 Referencias informativas

La siguiente Recomendación del UIT-T contiene disposiciones que, por mencionarse en este texto, constituyen otra información pertinente.

- Recomendación UIT-T G.871/Y.1301 (2000), *Marco para las Recomendaciones sobre redes ópticas de transporte.*

## 3 Términos y definiciones

### 3.1 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

**3.1.1 señal afluente óptica:** Señal monocanal que se introduce en un canal óptico para su transporte por la red óptica.

**3.1.2 clase de señal afluente óptica NRZ 1,25G:** Se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero de 622 Mbit/s nominales a 1,25 Gbit/s nominales. La clase de señal afluente óptica NRZ 1.25G incluye una señal con velocidad binaria STM-4 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322.

**3.1.3 clase de señal afluente óptica NRZ 2,5G:** Se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero de 622 Mbit/s nominales a 2,67 Gbit/s nominales. La clase de señal afluente óptica NRZ 2,5G incluye una señal con velocidad binaria STM-16 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 o de velocidad binaria OTU1 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.



**3.1.4 clase de señal afluente óptica NRZ 10G:** Se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero de 2,4 Gbit/s nominales a 10,71 Gbit/s nominales. La clase de señal afluente óptica NRZ 10G incluye una señal con velocidad binaria STM-64 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 o de velocidad binaria OTU2 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.

**3.1.5 clase de señal afluente óptica NRZ 40G:** Se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero de 9,9 Gbit/s nominales a 43,02 Gbit/s nominales. La clase de señal afluente óptica NRZ 40G incluye una señal con velocidad binaria STM-256 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 o con velocidad binaria OTU3 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.

**3.1.6 clase de señal afluente óptica RZ 40G:** Se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea con retorno a cero, de 9,9 Gbit/s nominales a 43,02 Gbit/s nominales. La clase de señal afluente óptica NRZ 40G incluye una señal con velocidad binaria STM-256 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 o con velocidad binaria OTU3 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.

**3.1.7 sección de transmisión óptica de orden 1 (OTS1, *optical transmission section of order 1*):** Señal monocanal que transporta un canal óptico entre dos elementos de red óptica.

**3.1.8 sección de transmisión óptica de orden n (OTS<sub>n</sub>, *optical transmission section of order n*):** Señal multicanal que transporta una sección múltiplex óptica que, a su vez, transporta hasta n ( $n > 1$ ) canales ópticos entre dos elementos de red óptica.

**3.1.9 no OTN:** Este término designa los sistemas no conformes con la serie de Recomendaciones relativas a las OTN indicadas en la Rec. UIT-T G.871/Y.1301. En particular, los sistemas no OTN pueden basarse en información de tara específica del cliente para la supervisión de la calidad de funcionamiento, la gestión y la conmutación/restablecimiento de la protección de las señales clientes monocanal.

## **3.2 Términos definidos en otras Recomendaciones**

En esta Recomendación se utiliza el siguiente término definido en la Rec. UIT-T G.692:

- Canal de supervisión óptico (OSC, *optical supervisory channel*).

En esta Recomendación se utiliza el siguiente término definido en la Rec. UIT-T G.709/Y.1331:

- OTU<sub>k</sub> completamente normalizada (OTU<sub>k</sub>, *completely standardized OTU<sub>k</sub>*).

En esta Recomendación se utilizan los siguientes términos definidos en la Rec. UIT-T G.872:

- Interfaz intradominio (IaDI, *intra-domain interface*).
- Interfaz interdominios (IrDI, *inter-domain terface*).
- Canal óptico (OCh, *optical channel*).
- Sección múltiplex óptica (OMS, *optical multiplex section*).
- Sección óptica de transmisión (OTS, *optical transmission section*).
- Regeneración 3R

## **4 Abreviaturas, siglas o acrónimos**

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos.

2R	(Regeneración) reamplificación, reconfiguración ( <i>re-amplification, reshaping</i> )
3R	(Regeneración) reamplificación, reconfiguración, retiming ( <i>re-amplification, reshaping, retiming</i> )
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> )
DC	Compensación de la dispersión ( <i>dispersion compensation</i> )
DGD	Retardo diferencial de grupo ( <i>differential group delay</i> )
DWDM	Multiplexación por división en longitud de onda densa ( <i>dense wavelength division multiplexing</i> )
EX	Tasa de extinción ( <i>extinction ratio</i> )
FEC	Corrección de errores en recepción ( <i>forward error correction</i> )
ffs	En estudio ( <i>for further study</i> )
IaDI	Interfaz intradominio ( <i>intra-domain interface</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IrDI	Interfaz interdominios ( <i>inter-domain interface</i> )
MLM	Modo multilongitudinal ( <i>multi-longitudinal mode</i> )
MPI	Interfaz del trayecto principal ( <i>main path interface</i> )
MPI-R	Punto de referencia de recepción de interfaz del trayecto principal monocanal ( <i>single channel receive main path interface reference point</i> )
MPI-R <sub>M</sub>	Punto de referencia de recepción de interfaz de trayecto principal multicanal ( <i>multichannel receive main path interface reference point</i> )
MPI-S	Punto de referencia de origen de interfaz del trayecto principal monocanal ( <i>single channel source main path interface reference point</i> )
MPI-S <sub>M</sub>	Punto de referencia de origen de interfaz de trayecto principal multicanal ( <i>multichannel source main path interface reference point</i> )
NA	No aplicable ( <i>not applicable</i> )
NE	Elemento de red ( <i>network element</i> )
NRZ	Sin retorno a cero ( <i>non-return to zero</i> )
OA	Amplificador óptico ( <i>optical amplifier</i> )
OADM	Multiplexor óptico de adición-sustracción ( <i>optical add-drop multiplexer</i> )
OCh	Canal óptico ( <i>optical channel</i> )
OD	Demultiplexor óptico ( <i>optical demultiplexer</i> )
OEO	Óptico-eléctrico-óptico ( <i>optical-to-electrical-to-optical</i> )
OM	Multiplexor óptico ( <i>optical multiplexer</i> )
OMS	Sección múltiplex óptica ( <i>optical multiplex section</i> )
ONE	Elemento de red óptica ( <i>optical network element</i> )
OSC	Canal de supervisión óptico ( <i>optical supervisory channel</i> )
OTN	Red óptica de transporte ( <i>optical transport network</i> )
OTS	Sección de transmisión óptica ( <i>optical transmission section</i> )
OTS1	Sección de transmisión óptica de nivel 1 ( <i>optical transmission section of level 1</i> )
OTSn	Sección de transmisión óptica de nivel n ( <i>optical transmission section of level n</i> )

OTUk	Unidad k de transporte de canal óptico completamente normalizada ( <i>completely standardized optical channel transport unit – k</i> )
PIN	Tipo P-intrínseco-tipo n ( <i>P type-intrinsic-n type</i> )
PMD	Dispersión por modo de polarización ( <i>polarization mode dispersion</i> )
R <sub>M</sub>	Punto de referencia de recepción multicanal (para los OA de línea) ( <i>multichannel receive reference point (for line OAs)</i> )
RMS	Valor cuadrático medio ( <i>root mean square</i> )
R <sub>S</sub>	Punto de referencia de recepción monocanal ( <i>single channel receive reference point</i> )
R <sub>S-M</sub>	Punto de referencia de recepción monocanal (a multicanal) ( <i>single channel (to multichannel) receive reference point</i> )
RZ	Retorno a cero ( <i>return to zero</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SLM	Modo monolongitudinal ( <i>single-longitudinal mode</i> )
S <sub>M</sub>	Punto de referencia de origen multicanal (para los OA de línea) ( <i>multichannel source reference point (for line OAs)</i> )
S <sub>M-S</sub>	Punto de referencia de origen monocanal (desde multicanal) ( <i>single channel (from multichannel) source reference point</i> )
SONET	Red óptica síncrona ( <i>synchronous optical network</i> )
S <sub>S</sub>	Punto de referencia de origen monocanal ( <i>single channel source reference point</i> )
WDM	Multiplexación por división en longitud de onda ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Clasificación de las interfaces ópticas

### 5.1 Aplicaciones

Esta Recomendación trata de los sistemas ópticos monocanal y multicanal y proporciona parámetros y valores de interfaz óptica para una gama de aplicaciones de interfaz interdominios.

La mayor parte de los códigos de aplicación de la presente Recomendación se aplican a una gama de señales afluentes ópticas con velocidades binarias dentro de la clase de señal afluente óptica pertinente (se denominan códigos de aplicación "plurales" y contiene la letra P). Por ejemplo, el código P111-2D2 se aplica a una señal con velocidad binaria STM-64 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 y asimismo a una señal con velocidad binaria OTU2 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.709/1331.

Como se indica en la Rec. UIT-T G.872, se requiere una interconexión normalizada entre dominios administrativos en una configuración punto a punto.

El interfuncionamiento entre diferentes dominios administrativos también requiere la especificación de la información característica transferida a través de la interfaz interdominios (IrDI) como se describe en las Recs. UIT-T G.707/Y.1322 y G.709/Y.1331 y en otras especificaciones. La definición de esta información característica, que incluye la velocidad binaria, formato y asignación de los bytes de la señal, no es objeto de esta Recomendación.

Desde el punto de vista de transmisión, una conexión óptica presenta un comportamiento analógico (por ejemplo, las degradaciones de transmisión óptica debidas a la atenuación, dispersión, falta de linealidad de la fibra, emisión espontánea amplificada, etc., se acumulan de manera similar a como lo hacen el ruido y otras degradaciones en las redes analógicas). En las redes digitales, la reducción de dichas degradaciones se consigue en puntos de regeneración 3R situados en el trayecto de

transmisión de acuerdo con directrices de ingeniería concebidas para conseguir el objetivo requerido de característica de error del enlace. Análogamente, en la OTN se requiere regeneración 3R en ciertos puntos para mantener los objetivos de característica de error de la OTN. Actualmente, el proceso 3R suele basarse en la conversión electroóptica. El uso de regeneración 2R como solución alternativa a la regeneración 3R para determinadas aplicaciones en las IrDI queda pendiente de estudio. También queda en estudio la utilización de regeneración 2R/3R totalmente óptica.

La IrDI puede realizarse como interfaz monocanal o multicanal. Las IrDI multicanal requieren equipo adicional de multiplexación y demultiplexación en longitud de onda y posiblemente amplificadores ópticos, pero utilizan menos fibras que varias IrDI monocanal con capacidad de canal óptico equivalente. La figura 5-6 muestra una IrDI monocanal. Las figuras 5-3, 5-4 y 5-5 muestran tres tipos de IrDI multicanal.

Esta Recomendación proporciona los parámetros y valores de la capa física para códigos de aplicación correspondientes a las IrDI monocanal y multicanal con regeneradores 3R a ambos lados de la interfaz, como se muestra en las figuras 5-3, 5-4, 5-5 y 5-6.

El método de especificación utilizado en esta Recomendación es un planteamiento de "caja negra", lo que significa que sólo se especifican las interfaces ópticas con la IrDI. No se pretende restringir ni especificar los elementos internos ni las conexiones entre los elementos de la caja negra. Hay sin embargo ciertos requisitos funcionales para la caja negra, siendo el más importante la existencia de regeneración 3R.

Se proporcionan especificaciones para interfaces monocanales interdominios con las siguientes características: velocidades binarias de canal correspondientes a NRZ 2,5G, NRZ 10G y NRZ 40G, distancias de tramos de conexión local, cortas y largas, y transmisión unidireccional. En el futuro, se prevén también especificaciones para las IrDI monocanal con una velocidad binaria/codificación de línea de RZ 40G. El apéndice VI contiene información relativa a las posibles aplicaciones futuras.

El apéndice I contiene una descripción más detenida de las interfaces clientes monocanal.

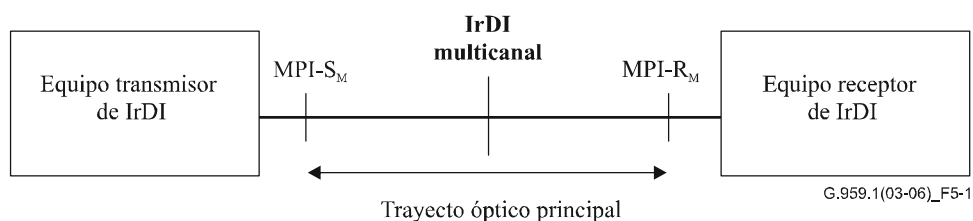
Se proporcionan asimismo especificaciones para una interfaz multicanal interdominios. Esta interfaz acomoda hasta 16 canales con frecuencias centrales acordes con el plan de la Rec. UIT-T G.694.1, con velocidades binarias de canal correspondientes a NRZ 2,5G y NRZ 10G, para longitudes de tramo único de sección múltiplex óptica de conexión local y corta distancia (40 km), transmisión unidireccional y configuración punto a punto.

En el futuro, se prevén especificaciones para otra aplicación multicanal que acomode hasta 16 canales con frecuencias centrales según el plan de la Rec. UIT-T G.694.1, con velocidades binarias de canal correspondientes a NRZ 2,5G y NRZ 10G, una longitud de tramo única de sección múltiplex óptica sin amplificadores de línea, de larga distancia (80 km), transmisión unidireccional y configuración punto a punto.

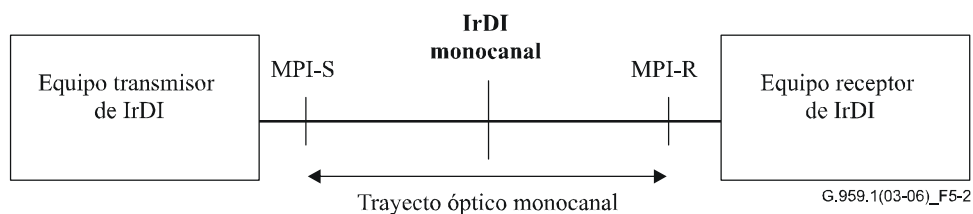
## **5.2 Puntos de referencia**

En el apéndice II figura un conjunto de puntos de referencia "genéricos" para elementos de red óptica (ONE, *optical network elements*) de la futura OTN.

A los efectos de esta Recomendación los puntos de referencia pertinentes aplicables a la IrDI multicanal y a la IrDI monocanal se muestran en las figuras 5-1 y 5-2 respectivamente.



**Figura 5-1/G.959.1 – Configuración de referencia de IrDI multicanal**



**Figura 5-2/G.959.1 – Configuración de referencia de IrDI monocanal**

Los puntos de referencia de las figuras 5-1 y 5-2 se definen del siguiente modo:

- MPI-S es un punto de referencia (monocanal) inmediatamente detrás de cada uno de los conectores ópticos de salida de la interfaz de afluente de elementos de red óptica;
- MPI-R es un punto de referencia (monocanal) de la fibra óptica inmediatamente delante de cada uno de los conectores ópticos de entrada de la interfaz de afluente de elementos de red óptica;
- MPI-S<sub>M</sub> es un punto de referencia (multicanal) de la fibra óptica inmediatamente detrás del conector óptico de salida de la interfaz de transporte de elementos de red óptica.
- MPI-R<sub>M</sub> es un punto de referencia (multicanal) de la fibra óptica inmediatamente delante del conector óptico de entrada de la interfaz de transporte de elementos de red óptica.

En el apéndice III se explica la utilización del conjunto de puntos de referencia genéricos que se aplican tanto a la IrDI como a la IaDI, especificadas en la Rec. UIT-T G.872.

### 5.3 Nomenclatura

El código de aplicación identifica las características de red, de implementación y arquitecturales de una aplicación.

La notación de un código de aplicación se construye como sigue:

$$P_n W_x - ytz$$

donde:

- **P** indica, cuando aparece, un código de aplicación "plural" que se aplica a una IrDI. Los códigos plurales se aplican a cualquier señal afluente óptica de la clase definida.
- **n** es el máximo número de canales soportados por el código de aplicación.
- **W** es una letra que indica la longitud/atenuación del tramo, tal como:
  - **I** indica intracentral (atenuación del tramo hasta 7 dB).
  - **S** indica corta distancia (atenuación del tramo 11 dB).
  - **L** indica larga distancia (atenuación del tramo 22 dB).
  - **V** indica muy larga distancia (atenuación del tramo 33 dB).
  - **U** indica distancia ultra larga (atenuación del tramo 44 dB).

- **x** es el número máximo de tramos permitido en el código de aplicación.
- y** indica la clase más alta de señal afluente óptica soportada:
  - **1** indica NRZ 2,5G;
  - **2** indica NRZ 10G;
  - **3** indica NRZ 40G;
  - **7** indica RZ 40G.

En el apéndice V se explica cómo se han asignado estos números.

- **t** es una letra que indica las hipótesis de nivel de potencia para el código de aplicación, tal como:
  - **A** indica niveles de potencia adecuados para un amplificador elevador en el ONE de origen y niveles de potencia adecuados para un preamplificador en el ONE de terminación.
  - **B** indica que se utilizan únicamente niveles de potencia adecuados para un amplificador elevador.
  - **C** indica que se utilizan únicamente niveles de potencia adecuados para un preamplificador.
  - **D** indica que se utilizan niveles de potencia adecuados para funcionar con amplificadores.
- **z** es la fuente y tipo de fibra, como sigue:
  - **1** indica fuentes de 1310 nm nominales en fibra G.652;
  - **2** indica fuentes de 1550 nm nominales en fibra G.652;
  - **3** indica fuentes de 1550 nm nominales en fibra G.653;
  - **5** indica fuentes de 1550 nm nominales en fibra G.655.

En la actual versión de esta Recomendación se han definido solamente valores de parámetros físicos de las IrDI de un solo tramo (es decir, para  $x = 1$ ).

Un sistema bidireccional, si se introduce, se indicará por la adición de la letra B delante del código de aplicación. Para una aplicación OTN esto sería:

BnWx-ytz

Para algunos códigos de aplicación, se añade un sufijo al final del código. Se definen los seis sufijos siguientes:

- **F** para indicar que esta aplicación requiere la transmisión de los bytes FEC especificados en la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.
- **D** para indicar que esta aplicación incluye compensación de dispersión adaptable.
- **E** para indicar que esta aplicación requiere que se utilice un receptor con capacidades de compensación de la dispersión.  
NOTA – Podría tratarse de capacidades de compensación electrónica de la dispersión.
- **r** para indicar una distancia objetivo reducida. Estos códigos de aplicación están limitados por la dispersión. Pueden también obtenerse las mismas distancias objetivo por otras soluciones técnicas, que quedan en estudio (por ejemplo, método de la interfaz en paralelo).
- **a** para indicar que este código tiene niveles de potencia de transmisor adecuados para receptores APD.
- **b** para indicar que este código tiene niveles de potencia de transmisor adecuados para receptores PIN.

Es posible que este nivel de notación tenga que aumentarse cuando se identifiquen otras alternativas arquitecturales y de implementación. El cuadro 5-1 presenta ejemplos de códigos de aplicación.

**Cuadro 5-1/G.959.1 – Ejemplos de códigos de aplicación**

Ejemplo de código de aplicación	¿Código plural?	Máximo número de canales	Atenuación máxima del tramo	Número máximo de tramos	Clase más alta de señal afluente óptica	Niveles de potencia adecuados para el tipo de ONE	Tipo de fibra
P1I1-1D1	Sí	1	6 dB	1	NRZ 2,5G	Sin amplificadores	G.652
P16S1-2C5	Sí	16	11 dB	1	NRZ 10G	Sólo preamplificador	G.655
16S1-2B5	No	16	11 dB	1	NRZ 10G (OTU2)	Sólo amplificador elevador	G.655

#### 5.4 Interfaces interdominios multicanal

Las interfaces IrDI multicanal de esta Recomendación están destinadas a hacer posible la compatibilidad transversal (entre distintos fabricantes). Estas interfaces pueden operar en fibras G.652, G.653 o G.655, transportando simultáneamente hasta 16 canales ópticos, utilizando señales afluentes ópticas a NRZ 2,5G o NRZ 10G, según el código de aplicación de que se trate. Se aplican los mismos parámetros ópticos a todos los códigos de aplicación indicados en cada una de las columnas del cuadro 8-1.

En la cláusula 6 se indican otros requisitos relacionados con la compatibilidad transversal.

El cuadro 5-2 resume los códigos de aplicación de IrDI multicanal, estructurados con arreglo a la nomenclatura de 5.3.

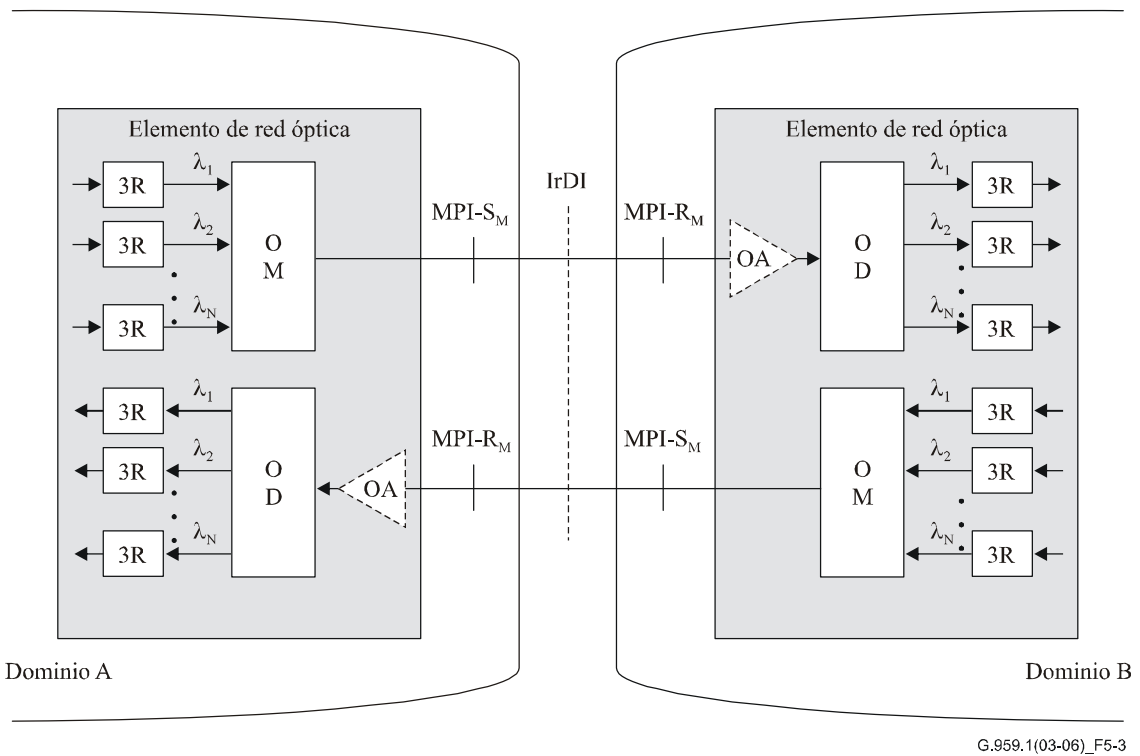
**Cuadro 5-2/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominios multicanal**

Aplicación	Conexión local (I)			De corta distancia (S)		
	G.652	G.653	G.655	G.652	G.653	G.655
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)	1550 (Plan G.694.1) (nota 2)			1550 (Plan G.694.1) (nota 2)		
Tipo de fibra	G.652	G.653	G.655	G.652	G.653	G.655
Distancia objetivo (km) (Nota 1)	20	2	20	40	40	40
Clase de señal afluente óptica clase NRZ 2,5G	–	–	–	P16S1-1D2	–	P16S1-1D5
Clase de señal afluente óptica NRZ 10G	P16I1-2D2	P16I1-2D3	P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2C2	P16S1-2C3	P16S1-2B5 P16S1-2C5
NOTA 1 – Estas distancias deseadas son para clasificación y no para especificación.						
NOTA 2 – Véase el cuadro 8-1.						

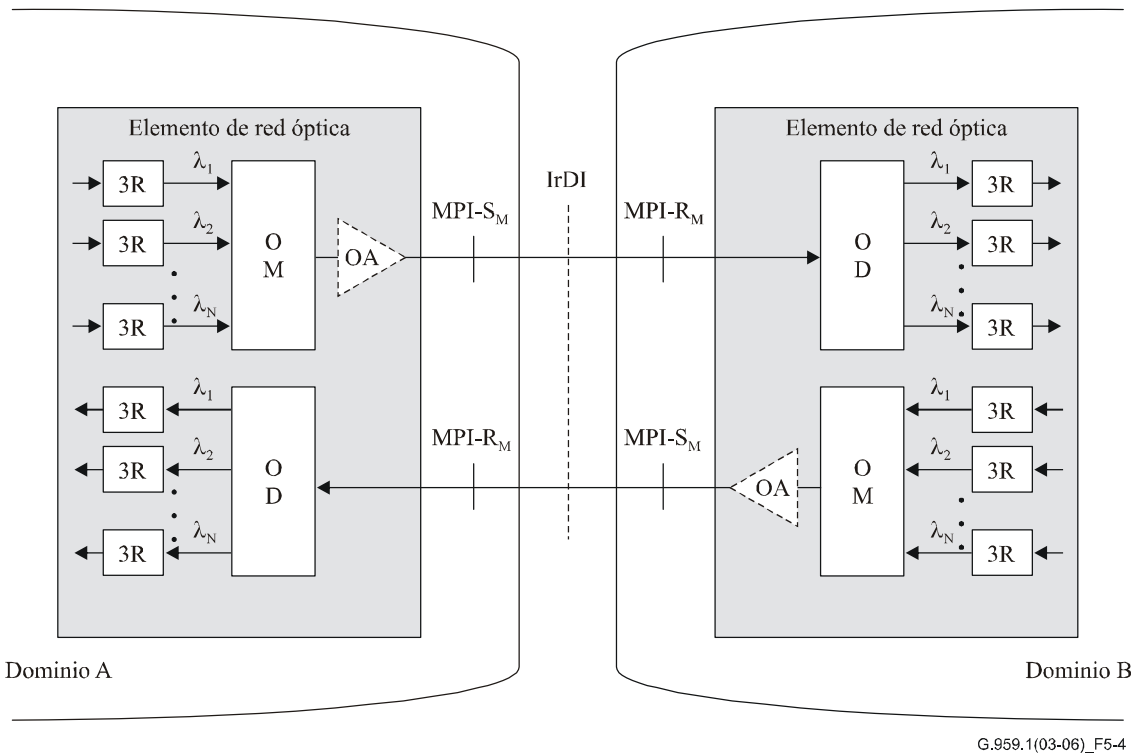
Las aplicaciones con niveles de potencia adecuados para preamplificadores sólo contienen la letra C en el código de aplicación y se muestran en la figura 5-3.

Las aplicaciones con niveles de potencia adecuados para amplificadores elevadores sólo contienen la letra B en el código de aplicación y se muestran en la figura 5-4.

Las aplicaciones con niveles de potencia adecuados para el funcionamiento sin amplificadores contienen la letra D en el código de aplicación y se muestran en la figura 5-5.

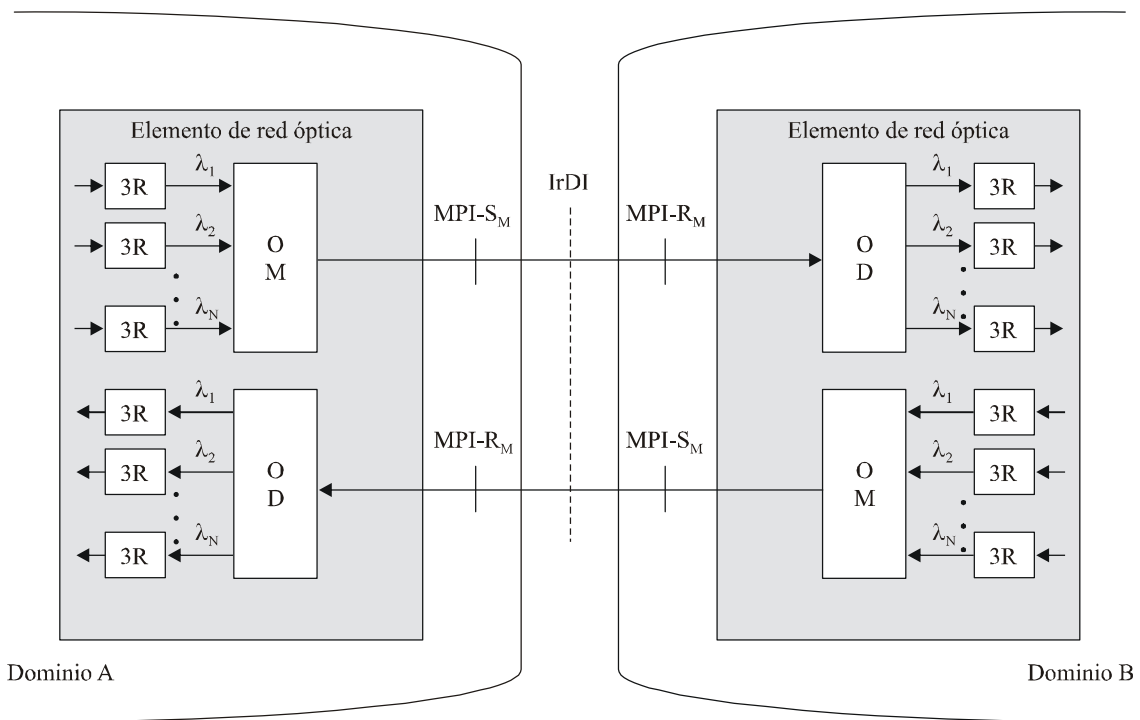


**Figura 5-3/G.959.1 – Aplicaciones de IrDI multicanal utilizando preamplificadores**



**Figura 5-4/G.959.1 – Aplicaciones de IrDI multicanal utilizando amplificadores elevadores**



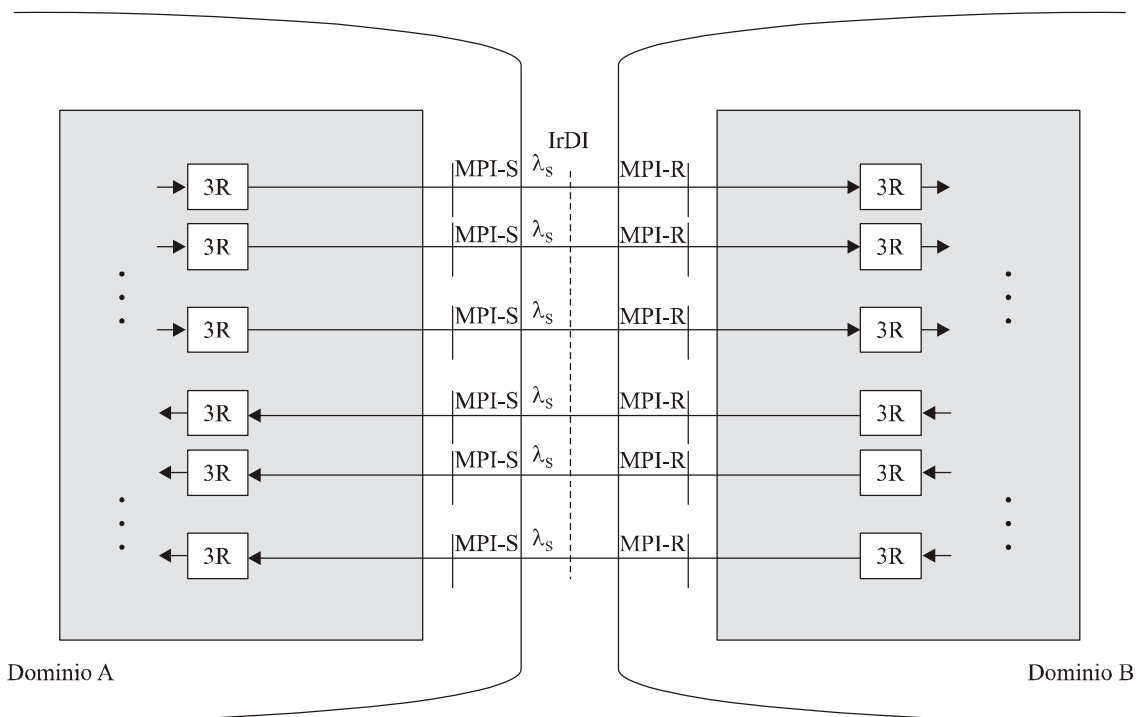


G.959.1(03-06)\_F5-5

Figura 5-5/G.959.1 – Aplicaciones de IrDI multicanal sin amplificación

### 5.5 Interfaces interdominios monocanal

Las interfaces interdominios monocanal se muestran en la figura 5-6.



G.959.1(03-06)\_F5-6

Figura 5-6/G.959.1 – Aplicaciones de IrDI monocanal

Estas interfaces tienen por objeto hacer posible la compatibilidad transversal (entre varios fabricantes) y pueden funcionar con fibras G.652, G.653 o G.655 utilizando cualquiera de las señales afluentes ópticas NRZ 2,5G, NRZ 10G o NRZ 40G, dependiendo del código de aplicación de que se trate.

Las aplicaciones no cubren todas las posibles combinaciones de categoría de distancia, clase de señal afluente óptica, longitud de onda nominal de la fuente y tipo de fibra. Las aplicaciones incluidas están destinadas a satisfacer una amplia gama de necesidades de red con implementaciones a bajo costo. Los cuadros 5-3 a 5-7 resumen los códigos de aplicación de IrDI monocal, que se estructuran con arreglo a la nomenclatura de 5.3.

Los valores de parámetros para aplicaciones intracentral, de corta distancia, de larga distancia, de muy larga distancia y de distancia ultra larga se indican en 8.2. Para aplicaciones de la clase de señal afluente óptica NRZ 2,5G los valores de 8.2 son, en la mayoría de los ejemplares, similares o iguales a los valores correspondientes a las aplicaciones de la Rec. UIT-T G.957, salvo que los valores G.957 se han modificado, cuando ha sido necesario, para obtener una tasa de errores en los bits menor o igual que  $10^{-12}$ . Para aplicaciones de la clase de señal afluente óptica NRZ 10G los valores de 8.2 son, en la mayoría de los casos, los mismos valores ya indicados en la Rec. UIT-T G.691.

**Cuadro 5-3/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominio monocal para aplicaciones intracentral**

Aplicación	Intracentral (I)					
	1310		1550			
Tipo de fibra	G.652		G.652	G.653	G.655	
Clase de señal afluente óptica NRZ 2,5G	–	P111-1D1	–	–	–	–
Distancia objetivo para la clase NRZ 2,5G (km) (Nota)	–	2	–	–	–	–
Parámetros indicados en	–	Cuadro 8-2	–	–	–	–
Clase de señal afluente óptica NRZ 10G	P111-2D1r	P111-2D1	P111-2D2r	P111-2D2	P111-2D3	P111-2D5
Distancia objetivo para la clase NRZ 10G (km) (Nota)	0,6	2	2	25	25	25
Parámetros indicados en	G.693	G.693	G.693	Cuadro 8-5	Cuadro 8-5	Cuadro 8-5
Como código	VSR600-2R1	VSR2000-2R1	VSR2000-2L2			
NOTA – Se indican estas distancias objetivo para fines de clasificación y no de especificación.						

**Cuadro 5-4/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominio monocanal para aplicaciones de corta distancia**

<b>Aplicación</b>	<b>Corta distancia (S)</b>			
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)	1310	1550		
Tipo de fibra	G.652	G.652	G.653	G.655
Clase de señal afluente óptica NRZ 2,5G	P1S1-1D1	P1S1-1D2	–	–
Distancia objetivo para la clase NRZ 2,5G (km) (nota)	15	15	–	–
Parámetros indicados en	Cuadro 8-2	Cuadro 8-2	–	–
Clase de señal afluente óptica NRZ 10G	P1S1-2D1	P1S1-2D2a,b 1S1-2D2bF	P1S1-2D3a,b 1S1-2D3bF	P1S1-2D5a,b 1S1-2D5bF
Distancia objetivo para la clase NRZ 10G (km) (nota)	20	40	40	40
Parámetros indicados en	Cuadro 8-6	Cuadro 8-6	Cuadro 8-7	Cuadro 8-7
Clase de señal afluente óptica NRZ 40G	–	P1S1-3C2	P1S1-3C3	P1S1-3C5
Distancia objetivo para la clase NRZ 40G (km) (nota)	–	40	40	40
Parámetros indicados en	–	Cuadro 8-11	Cuadro 8-11	Cuadro 8-11
NOTA – Se indican estas distancias objetivo para fines de clasificación y no de especificación.				

**Cuadro 5-5/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominio monocanal para aplicaciones de larga distancia**

<b>Aplicación</b>	<b>Larga distancia (L)</b>			
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)	1310	1550		
Tipo de fibra	G.652	G.652	G.653	G.655
Clase de señal afluente óptica NRZ 2,5G	P1L1-1D1	P1L1-1D2 1L1-1D2F	–	–
Distancia objetivo para la clase NRZ 2,5G (km) (nota)	40	80	–	–
Parámetros indicados en	Cuadro 8-3	Cuadro 8-3	–	–
Clase de señal afluente óptica NRZ 10G	P1L1-2D1	P1L1-2D2 1L1-2D2F P1L1-2D2E 1L1-2D2FE		
Distancia objetivo para la clase NRZ 10G (km) (nota)	40	80		
Parámetros indicados en	Cuadro 8-8	Cuadro 8-8 Cuadro VII.1		

**Cuadro 5-5/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominio monocanal para aplicaciones de larga distancia**

Aplicación	Larga distancia (L)			
Clase de señal afluyente óptica NRZ 40G	–	P1L1-3A2 1L1-3C2F 1L1-3C2FD	P1L1-3A3 1L1-3C3F 1L1-3C3FD	P1L1-3A5 1L1-3C5F 1L1-3C5FD
Distancia objetivo para la clase NRZ 40G (km) (nota)	–	80	80	80
Parámetros indicados en	–	Cuadro 8-11	Cuadro 8-11	Cuadro 8-11
Clase de señal afluyente óptica RZ 40G	–	P1L1-7A2	P1L1-7A3	P1L1-7A5
Distancia objetivo para la clase RZ 40G (km) (nota)	–	80	80	80
Parámetros indicados en	–	Cuadro VI.1	Cuadro VI.1	Cuadro VI.1
NOTA – Se indican estas distancias objetivo para fines de clasificación y no de especificación.				

**Cuadro 5-6/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominio monocanal para aplicaciones de muy larga distancia**

Aplicación	Muy larga distancia (V)		
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)	1550		
Tipo de fibra	G.652	G.653	G.655
Clase de señal afluyente óptica NRZ 10G	P1V1-2C2 1V1-2C2F P1V1-2B2E 1V1-2B2FE	–	P1V1-2B5 1V1-2B5F
Distancia objetivo para la clase NRZ 10G (km) (nota)	120	–	120
Parámetros indicados en	Cuadro 8-9 Cuadro VII.1	–	Cuadro 8-9
NOTA – Se indican estas distancias objetivo para fines de clasificación y no de especificación.			

**Cuadro 5-7/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominio monocanal para aplicaciones de distancia ultra larga**

Aplicación	Distancia ultra larga (U)		
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)	1550		
Tipo de fibra	G.652	G.653	G.655
Clase de señal afluyente óptica NRZ 2,5G	P1U1-1A2 1U1-1B2F	P1U1-1A3 1U1-1B3F	P1U1-1A5 1U1-1B5F
Distancia objetivo para la clase NRZ 2,5G (km) (Nota)	160	160	160
Parámetros indicados en	Cuadro 8-4	Cuadro 8-4	Cuadro 8-4
NOTA – Se indican estas distancias objetivo para fines de clasificación y no de especificación.			

## 5.6 Implementación de señales de gestión

Aunque no se requiere ninguna implementación de tara de la actual IrDI, se prevé la necesidad de señales para gestionar las capas de canal óptico, sección múltiplex óptica y sección de transmisión óptica para la futura realización de la OTN. El apéndice IV presenta consideraciones sobre las implementaciones físicas de dichas señales.

## 6 Compatibilidad transversal

La finalidad de la IrDI de esta Recomendación es especificar parámetros a fin de permitir la existencia de sistemas de línea compatibles transversalmente (es decir, de varios fabricantes) para aplicaciones punto a punto de corta o larga distancia.

Se pretende que las interfaces interdominios interconecten dos dominios administrativos diferentes. Dichos dominios pueden contar con equipos de fabricantes diferentes. Los dos dominios administrativos también pertenecen a dos operadores de red diferentes.

- La compatibilidad transversal (de varios fabricantes) está permitida para todas las IrDI que tengan exactamente el mismo código de aplicación nWx-ytz. Por ejemplo, una interfaz P16S1-2B2 de un vendedor, implementada en el dominio A, puede conectarse con una interfaz P16S1-2B2 de otro vendedor, instalada en el dominio B. Debe también procurarse adaptar la velocidad binaria y el formato de la señal afluente óptica.
- La interconexión de interfaces con diferentes códigos de aplicación es una cuestión de ingeniería conjunta. Debe prestarse una atención especial a los parámetros críticos que deban adaptarse, por ejemplo, la potencia de salida del MPI-S<sub>M</sub>, los niveles de potencia del MPI-R<sub>M</sub>, la dispersión máxima, la atenuación mínima/máxima, etc. Por ejemplo, una interfaz P16S1-2B2 (niveles de potencia de amplificador elevador) en el dominio A no debe interconectarse con una interfaz P16S1-2C2 (niveles de potencia de preamplificador) en el dominio B sin medidas adicionales, por ejemplo, la de añadir un atenuador. En este ejemplo, la potencia de salida de la interfaz del tipo amplificador elevador puede ser +15 dBm (véase el cuadro 8-1) y la atenuación puede ser 0 dB. De este modo, la potencia de entrada a la interfaz de tipo preamplificador es +15 dBm. Sin embargo, la potencia máxima de entrada del receptor de la interfaz de tipo preamplificador no debe superar +5 dBm (véase el cuadro 8-1) pudiendo llegar la sobrecarga del receptor a 10 dB. Debe procurarse asimismo adaptar la velocidad binaria de la señal afluente óptica y su formato.

## 7 Definición de los parámetros

### 7.1 Gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema

Las gamas de longitudes de onda de funcionamiento para aplicaciones multicanal en esta Recomendación no se limitan necesariamente a las que figuran en la Rec. UIT-T G.692. Concretamente las gamas de longitudes de onda de funcionamiento pueden ser superiores a las de la Rec. UIT-T G.692 (por ejemplo, 1525-1625 nm).

Además, no debe excluirse el uso futuro de la gama de amplificación 1285-1330 nm.

Las gamas de longitudes de onda de funcionamiento para aplicaciones monocanal dentro de esta Recomendación no se limitan necesariamente a las de las Recs. UIT-T G.957 o G.691.

## 7.2 Parámetros

Los parámetros del cuadro 7-1 se definen en los puntos de interfaz, y sus definiciones aparecen en las subcláusulas siguientes.

**Cuadro 7-1/G.959.1 – Parámetros de capa física de IrDI monocanal y multicanal**

Parámetro	Unidades	Definido para el cuadro 8-1 en	Definido para los cuadros 8-2 a 8-10 en	Definido para el cuadro 8-11 en	Definido para el cuadro VI.1 en
<b>Información general</b>					
Máximo número de canales	–	7.2.1.1	7.2.1.1	7.2.1.1	7.2.1.1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	7.2.1.2	7.2.1.2	7.2.1.2	7.2.1.2
Máxima tasa de errores en los bits	–	7.2.1.3	7.2.1.3	7.2.1.3	7.2.1.3
Tipo de fibra	–	7.2.1.4	7.2.1.4	7.2.1.4	7.2.1.4
<b>Interfaz en el punto MPI-S<sub>M</sub> o MPI-S</b>					
Máxima potencia media de salida (de canal)	dBm	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1
Mínima potencia media de salida (de canal)	dBm	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1
Máxima potencia media total de salida	dBm	7.2.2.2	NA	NA	NA
Frecuencia central	THz	7.2.2.3	7.2.2.3	7.2.2.3	7.2.2.3
Separación de canales	GHz	7.2.2.4	NA	NA	NA
Máxima desviación de frecuencia central	GHz	7.2.2.5	7.2.2.5	7.2.2.5	7.2.2.5
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	NA	7.2.2.6	NA	7.2.2.6
Tipo de fuente		NA	7.2.2.7	7.2.2.7	7.2.2.7
Máximo ciclo de trabajo	%	NA	NA	NA	7.2.2.8
Mínimo ciclo de trabajo	%	NA	NA	NA	7.2.2.8
Máxima anchura RMS ( $\sigma$ )	nm	NA	7.2.2.9	NA	NA
Máxima anchura de –20 dB	nm	NA	7.2.2.10	NA	NA
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	NA	7.2.2.11	7.2.2.11	7.2.2.11
Mínima relación de supresión de modo lateral	dB	NA	7.2.2.12	7.2.2.12	7.2.2.12
Mínima relación de extinción del canal	dB	7.2.2.13	7.2.2.13	7.2.2.13	7.2.2.13
Plantilla del diagrama en ojo	–	7.2.2.14	7.2.2.14	7.2.2.14	7.2.2.15

**Cuadro 7-1/G.959.1 – Parámetros de capa física de IrDI monocanal y multicanal**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Definido para el cuadro 8-1 en</b>	<b>Definido para los cuadros 8-2 a 8-10 en</b>	<b>Definido para el cuadro 8-11 en</b>	<b>Definido para el cuadro VI.1 en</b>
<b>Trayecto óptico (un solo tramo) del punto MPI-S<sub>M</sub> al MPI-R<sub>M</sub> o del MPI-S al MPI-R</b>					
Atenuación máxima	dB	7.2.3.1	7.2.3.1	7.2.3.1	7.2.3.1
Atenuación mínima	dB	7.2.3.2	7.2.3.2	7.2.3.2	7.2.3.2
Máxima dispersión cromática	ps/nm	7.2.3.3	7.2.3.3	7.2.3.3	7.2.3.3
Desviación de la máxima dispersión cromática	ps/nm	NA	NA	7.2.3.4	7.2.3.4
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S <sub>M</sub> o en MPI-S	dB	7.2.3.5	7.2.3.5	7.2.3.5	7.2.3.5
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S <sub>M</sub> y MPI-R <sub>M</sub> o entre MPI-S y MPI-R	dB	7.2.3.6	7.2.3.6	7.2.3.6	7.2.3.6
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	7.2.3.7	7.2.3.7	7.2.3.7	7.2.3.7
<b>Interfaz en el punto MPI-R<sub>M</sub> o en el MPI-R</b>					
Máxima potencia media de entrada de canal	dBm	7.2.4.1	7.2.4.1	7.2.4.1	7.2.4.1
Mínima potencia media de entrada de canal	dBm	7.2.4.2	NA	NA	NA
Máxima potencia media total de entrada	dBm	7.2.4.3	NA	NA	NA
Máxima diferencia de potencia de canal	dB	7.2.4.4	NA	NA	NA
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	7.2.4.5	7.2.4.5	7.2.4.5	7.2.4.5
Sensibilidad mínima equivalente	dBm	7.2.4.6	NA	NA	NA
Máxima reflectancia del elemento de red óptico	dB	7.2.4.7	7.2.4.7	7.2.4.7	7.2.4.7
Sensibilidad mínima	dBm	NA	7.2.4.8	7.2.4.8	7.2.4.8

## **7.2.1 Información general**

### **7.2.1.1 Máximo número de canales**

Máximo número de canales ópticos que pueden estar presentes simultáneamente en una interfaz.

### 7.2.1.2 Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas

La clase de señales afluentes ópticas NRZ 2,5G se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero, de 622 Mbit/s nominales a 2,67 Gbit/s nominales. La clase de señales afluentes ópticas NRZ 10G se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero, de 2,4 Gbit/s nominales a 10,71 Gbit/s nominales. La clase de señal afluente óptica NRZ 40G se aplica a señales digitales con codificación de línea sin retorno a cero, de 9,9 Gbit/s nominales a 43,02 Gbit/s nominales. La clase de señal afluente óptica RZ 40G se aplica a las señales digitales continuas con codificación de línea con retorno a cero, de 9,9 Gbit/s nominales a 43,02 Gbit/s nominales. Para señales afluentes ópticas OTN, NRZ 2.5G incluye la velocidad binaria OTU1, NRZ 10G incluye la velocidad binaria OTU2 y tanto NRZ 40G como RZ 40G incluyen la velocidad binaria OTU3 definidas en la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.

En las aplicaciones cuyo código de aplicación empieza por "P" (se trata de uno de los códigos "plurales"), los valores de los parámetros son los mismos para todas las velocidades binarias en la gama de la clase aplicable de señal afluente óptica. Por lo tanto, si el sistema óptico utiliza uno de estos códigos plurales, es necesario especificar tanto el código de aplicación como la velocidad binaria exacta del sistema. En otras palabras, no se requiere que los equipos conformes con uno de los códigos plurales funcionen para toda la gama de velocidades binarias especificadas para la clase de señal afluente óptica a la que pertenecen.

### 7.2.1.3 Máxima tasa de errores en los bits

Los parámetros se especifican con relación a un objetivo de diseño de sección óptica de una tasa de errores en los bits (BER, *bit error ratio*) que no esté por debajo del valor especificado por el código de aplicación. Este valor se aplica a cada canal óptico en el caso extremo de condiciones de atenuación y dispersión del trayecto óptico en cada aplicación. En el caso de aplicar códigos que requieran la transmisión de bytes FEC (o sea cuyo código tenga el sufijo F) se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección (cuando se utiliza ésta). Para los demás códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER sin utilizar la FEC.

### 7.2.1.4 Tipo de fibra

Los tipos de fibra óptica monomodo se eligen de entre los definidos en las Recs. UIT-T G.652, G.653 y G.655.

## 7.2.2 Interfaz en el punto MPI-S<sub>M</sub> o en el MPI-S

### 7.2.2.1 Máxima y mínima potencia media de salida (canal)

La potencia media de cada canal óptico inyectada en el punto de referencia MPI-S<sub>M</sub> o en el MPI-S es la potencia media de una secuencia de datos pseudoaleatoria acoplada a la fibra desde el ONE. Se indica por un intervalo (máxima y mínima) para optimizar los costos en cierta medida y cubrir márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento, degradaciones de los conectores, tolerancias de medición y efectos de envejecimiento normales.

### 7.2.2.2 Máxima potencia media total de salida

Valor mínimo de la potencia óptica media inyectada en el punto MPI-S<sub>M</sub>.

### 7.2.2.3 Frecuencia central

Frecuencias monocanal nominales a las que se modula la información con codificación digital de los canales de longitud de onda óptica considerados utilizando el código de línea NRZ o el RZ.

Las frecuencias centrales se basan en el plan de frecuencias de la Rec. UIT-T G.694.1. Las frecuencias centrales permitidas para la IrDI multicanal se especifican en el cuadro 8-1.

Hay que señalar que el valor de "c" (velocidad de la luz en el vacío) que debe utilizarse para la conversión entre frecuencia y longitud de onda es  $2,99792458 \times 10^8$  m/s.



#### **7.2.2.4 Separación entre canales**

La separación entre canales se define como la diferencia nominal de frecuencia entre dos canales adyacentes. Las posibles tolerancias de frecuencia real se consideran en 7.2.2.5.

#### **7.2.2.5 Máxima desviación de frecuencia central**

Es la diferencia entre la frecuencia central nominal y la frecuencia central real. Están incluidos en la desviación de frecuencia central todos los procesos que afectan al valor instantáneo de la frecuencia central de la fuente en un intervalo de medición apropiado a la velocidad binaria de canal. Entre estos procesos se encuentran la fluctuación de la fuente, la anchura de banda de la información, el ensanchamiento debido a la automodulación de fase, y los efectos debidos a la temperatura y al envejecimiento.

#### **7.2.2.6 Gama de longitudes de onda de funcionamiento**

La gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema depende de las características de la fuente, de las características de la fibra de transmisión (atenuación, dispersión cromática) y de la anchura de banda de ganancia del amplificador óptico (si se utiliza).

#### **7.2.2.7 Tipo de fuente**

Dependiendo de las características de atenuación/dispersión y del nivel jerárquico de cada código de aplicación, entre los dispositivos transmisores posibles se encuentran los láseres de modo multilongitudinal (MLM, *multi-longitudinal mode*) y los de modo monolongitudinal (SLM, *single-longitudinal mode*). Para cada una de las aplicaciones, la presente Recomendación indica un tipo de fuente nominal. Se entiende que la indicación de un tipo de fuente nominal en esta Recomendación no es un requisito, y que pueden sustituirse los dispositivos SLM en cualquier aplicación que tenga como tipo de fuente nominal MLM, sin degradación de la calidad de funcionamiento del sistema.

#### **7.2.2.8 Ciclos de trabajo máximo y mínimo**

Queda en estudio.

#### **7.2.2.9 Anchura RMS máxima**

La anchura del valor cuadrático medio (RMS, *root mean square*) máxima o la desviación típica  $\sigma$  (en nm) de la distribución espectral de un láser MLM considera todos los modos láser que se encuentren 20 dB como máximo por debajo del modo de cresta. Sólo requieren esta especificación los sistemas con láseres MLM de 1310 nm.

#### **7.2.2.10 Anchura máxima a -20 dB**

La anchura espectral máxima (en nm) a -20 dB de un láser SLM viene especificada por la anchura total máxima de la cresta de longitud de onda central, medida 20 dB por debajo de la amplitud máxima de la longitud de onda central en condiciones normales de funcionamiento.

#### **7.2.2.11 Máxima densidad espectral de potencia**

La máxima densidad espectral de potencia (óptica) se define como el nivel más elevado de potencia promediado en el tiempo por intervalo de 10 MHz en cualquier punto del espectro de la señal modulada. Por consiguiente, la medición debe llevarse a cabo con una resolución superior a 10 MHz FWHM (o sea, la anchura de banda del filtro óptico deberá ser menor).

Este parámetro se utiliza para evitar la entrada en el régimen de dispersión de Brillouin con fuentes de alta potencia con posibilidad de que la anchura de sus rayas espectrales sean intrínsecamente estrechas, tales como las combinaciones láser-modulador-amplificador. Esta especificación, no obstante, se aplica a todos los tipos de fuente.

### 7.2.2.12 Mínima relación de supresión en modo lateral

La mínima relación de supresión en modo lateral es el valor mínimo de la relación de la mayor cresta del espectro total del transmisor a la segunda cresta mayor. La resolución espectral de la medición será mejor que la anchura espectral máxima de la cresta, que se define en 7.2.2.10. La segunda cresta mayor puede estar próxima a la cresta principal o muy alejada de ella.

NOTA – Según esta definición, no se consideran modos laterales las crestas espectrales que están separadas de la cresta mayor por la frecuencia de reloj.

### 7.2.2.13 Mínima relación de extinción (canal)

La relación de extinción (EX) viene dada por:

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

donde:

A es el nivel de potencia óptica media en el centro del "1" lógico; y

B es el nivel de potencia óptica media en el centro del "0" lógico.

El convenio adoptado para los niveles lógicos ópticos es:

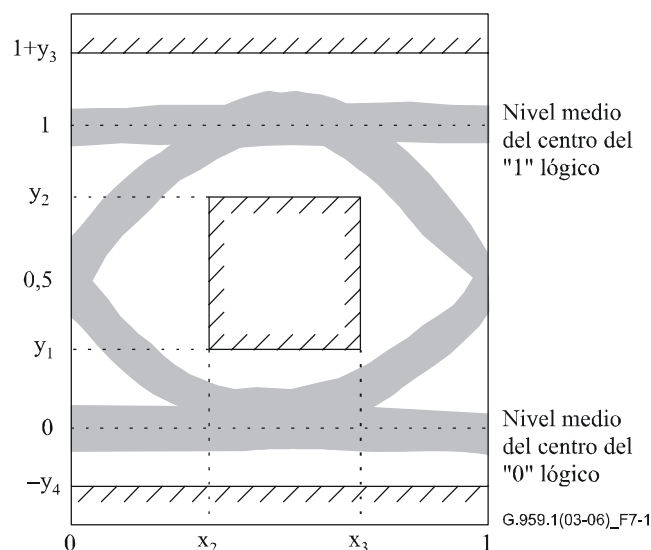
- emisión de luz para el "1" lógico;
- ausencia de emisión para el "0" lógico.

Esta definición puede aplicarse directamente a los sistemas monocanal. En el caso de la IrDI multicanal pueden utilizarse dos métodos alternativos:

- El método A puede utilizarse cuando los puntos de referencia monocanal son accesibles en el extremo transmisor del enlace para la verificación. En este método se utilizan los procedimientos descritos en las Recs. UIT-T G.957 y G.691. La configuración para este método se describe en el anexo A.
- El método B emplea un filtro paso banda óptico de referencia para aislar cada una de las señales transmitidas. Las características del filtro paso banda óptico de referencia se indican en el anexo B.

### 7.2.2.14 Plantilla del diagrama en ojo para señales ópticas de transmisión NRZ

Entre las características generales de la forma del impulso del transmisor consideradas en la presente Recomendación se encuentran el tiempo de subida, el de bajada, la sobreoscilación del impulso, la suboscilación del impulso y las oscilaciones parásitas, debiendo controlarse todas ellas para evitar la degradación excesiva de la sensibilidad del receptor, y especificándose como una plantilla del diagrama en ojo del transmisor en el punto MPI-S. A los efectos de evaluación de la señal del transmisor, es importante considerar no solamente la abertura del ojo sino también los límites de sobreoscilación y suboscilación. En la figura 7-1 se muestran los parámetros que especifican la plantilla del diagrama en ojo del transmisor. Para que el diagrama en ojo de un transmisor resulte aceptable debe evitarse cruzar las líneas sombreadas. El esquema de la prueba es el especificado para STM-64 en el anexo A/G.691. Las tolerancias de los filtros para los receptores de referencia óptica NRZ 10G son las especificadas para STM-64 en el anexo A/G.691. Las tolerancias de los filtros para los receptores de referencia óptica NRZ 40G quedan en estudio.



	NRZ 2,5G	NRZ 10G región de 1310 nm	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G amplificado	NRZ 40G
$x_3 - x_2$ (nota 2)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$y_1$	0,25	0,25	0,25	$\Delta + 0,25$ (nota 1)	0,25
$y_2$	0,75	0,75	0,75	$\Delta + 0,75$ (nota 1)	0,75
$y_3$	0,25	0,4	0,25	0,25	0,25
$y_4$	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

NOTA 1 –  $\Delta$  es variable  $-0,25 < \Delta < +0,25$ .

NOTA 2 –  $x_2$  y  $x_3$  de la plantilla del diagrama en ojo rectangular no tiene por qué ser equidistante con respecto a los ejes verticales en 0 UI y 1 UI.

**Figura 7-1/G.959.1 – Plantilla del diagrama en ojo para señales ópticas de transmisión NRZ**

Esta definición puede aplicarse directamente a los sistemas monocanal. En el caso de la IrDI multicanal pueden utilizarse dos métodos alternativos:

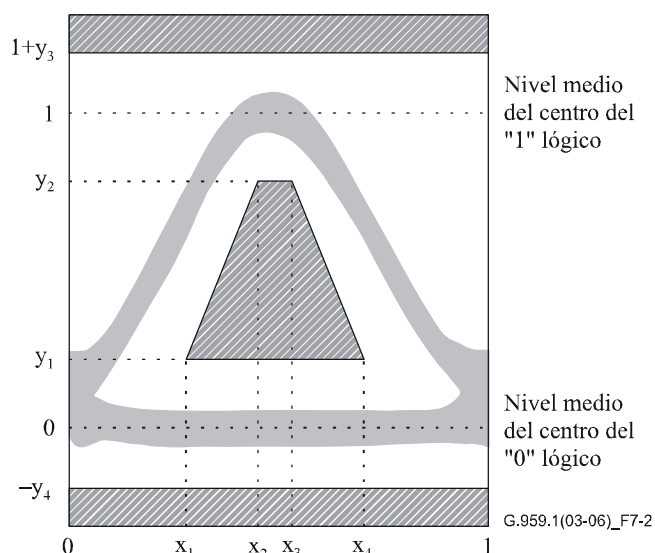
- El método A puede utilizarse cuando los puntos de referencia monocanal son accesibles en el extremo transmisor del enlace para la verificación. En este método se utilizan los procedimientos descritos en las Recs. UIT-T G.957 y G.691. La configuración para este método figura en el anexo A.
- El método B emplea un filtro paso banda óptico de referencia para aislar cada una de las señales transmitidas, seguido por un receptor de referencia. Las características del filtro paso banda óptico de referencia y del receptor de referencia figuran en el anexo B.

### 7.2.2.15 Diagrama en ojo de las señales ópticas de transmisión RZ

Para la clase de señal afluente óptica RZ 40G las características de los impulsos tal como su variación en altura se especifican también en forma de una plantilla del diagrama en ojo del transmisor.

En la figura 7-2 se muestran los parámetros que especifican la plantilla del diagrama en ojo del transmisor. Para que los diagramas en ojo del transmisor resulten aceptables debe evitarse cruzar las líneas sombreadas. El esquema de la prueba es el especificado para STM-64 en el anexo A/G.691. Las tolerancias de los filtros para los receptores ópticos RZ 40G quedan en estudio.

	<b>RZ 40G</b>
$x_4-x_1$	En estudio
$x_3-x_2$	En estudio
$y_1$	En estudio
$y_2$	En estudio
$y_3$	En estudio
$y_4$	En estudio



**Figura 7-2/G.959.1 – Plantilla del diagrama en ojo de la señal óptica de transmisión para RZ 40G**

Esta definición puede aplicarse directamente a los sistemas monocanal. En el caso de la IrDI multicanal pueden utilizarse dos métodos alternativos:

- El método A puede utilizarse cuando los puntos de referencia monocanal son accesibles en el extremo transmisor del enlace para verificación. En este método se utilizan los procedimientos descritos en las Recs. UIT-T G.957 y G.691. La configuración para este método se describe en el anexo A.
- El método B emplea un filtro paso banda óptico de referencia para aislar cada una de las señales transmitidas, seguido de un receptor de referencia. Las características del filtro paso banda óptico de referencia y del receptor de referencia se indican en el anexo B.

### 7.2.3 Trayecto óptico (un solo tramo) del punto MPI-S<sub>M</sub> al MPI-R<sub>M</sub> o del MPI-S al MPI-R

#### 7.2.3.1 Atenuación máxima

La atenuación máxima del trayecto es la correspondiente al sistema considerado funcionando en condiciones de fin de vida útil con una BER de  $10^{-12}$  (o la dada por el código de aplicación), en el caso más desfavorable de señal y dispersión en el lado del transmisor. La definición de los efectos incluidos en la atenuación máxima figura en 6.3.1/G.691. Los valores máximos de atenuación requeridos para las distancias objetivo de la IrDI se basan en la hipótesis de una pérdida de fibra instalada de 0,275 dB/km (incluidos los empalmes y el margen del cable) en la gama 1530-1565 nm, o en la hipótesis de un valor de 0,55 dB/km para la IrDI monocanal de 1310 nm. Desde el punto de vista práctico, se definen tramos de atenuación de 11 dB para 40 km y 22 dB para 80 km a 1550 nm y de 11 dB para 20 km y 22 dB para 40 km a 1310 nm, excepto para aplicaciones de muy corto alcance y conexión local. Debe señalarse que con este método, que también se utiliza para la definición de otras interfaces a la longitud de onda dada, se obtiene un valor teórico de la longitud del tramo. Las pérdidas en los conectores y empalmes, propias de las implementaciones prácticas, pueden hacer que se obtengan otras distancias.

#### 7.2.3.2 Atenuación mínima

La atenuación mínima es la que permite al sistema considerado, funcionando en las condiciones más desfavorables en el lado del transmisor, obtener una BER no peor que  $10^{-12}$  (o la dada por el código de aplicación).

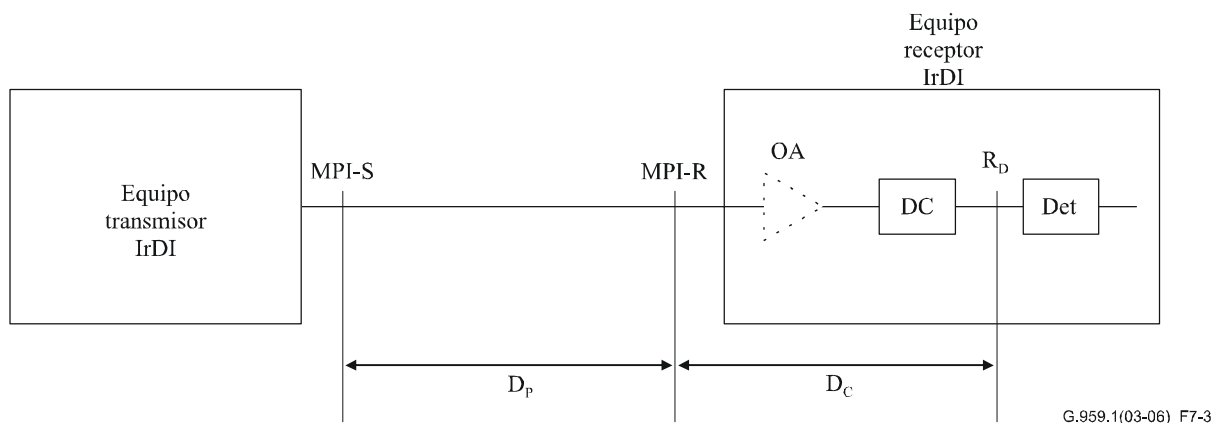
### 7.2.3.3 Máxima dispersión cromática

Este parámetro define el valor absoluto máximo sin compensar de la dispersión cromática en el trayecto principal que el sistema deberá ser capaz de tolerar. La tolerancia máxima de dispersión requerida de los sistemas se fija en un valor igual a la distancia objetivo multiplicada por 20 ps/nm km para la fibra G.652 y por 3,3 ps/nm km para la fibra G.653 en la región de 1550 nm, así como para la fibra G.652 en la región de 1310 nm. Este valor de dispersión se considera corresponde al caso más desfavorable para los tipos de fibra en cuestión. El criterio del caso más desfavorable para este parámetro tiene por objeto conseguir cierto margen conveniente para su criticidad, así como poder aumentar las distancias de transmisión para plantas de fibra de baja atenuación.

La penalización del trayecto óptico permitida incluye los efectos deterministas debidos a la dispersión cromática así como la penalización debida al máximo retardo diferencial de grupo.

### 7.2.3.4 Desviación máxima de la dispersión cromática

Ésta es la diferencia máxima admisible entre el valor real de la dispersión cromática del trayecto óptico entre MPI-S y MPI-R y el valor de la dispersión del trayecto determinada en el momento de la instalación. La desviación de la dispersión cromática se considera en las aplicaciones que utilizan compensación de la dispersión (DC, *dispersion compensation*). La figura 7-3 muestra un ejemplo en el que el receptor contiene un módulo DC delante del detector (Det). Además puede haber un amplificador óptico (OA, *optical amplifier*) opcional.



**Figura 7-3/G.959.1 – IrDI monocanal con compensación de la dispersión (DC) en el receptor**

En el momento de la instalación del receptor, el valor medido de la dispersión del trayecto óptico  $D_l$  se utiliza para establecer la magnitud de la compensación de la dispersión en el receptor. Si el valor real de la dispersión del trayecto óptico se define por  $D_p$  y el valor real de la compensación de la dispersión en el receptor por  $D_c$ , debe cumplirse el requisito de que, en cualquier momento posterior a la instalación:

$$|D_p + D_c| < D_{r\text{máx}}$$

siendo  $D_{r \text{ máx}}$  la máxima dispersión residual admisible. Por ejemplo,  $D_{r \text{ máx}} = 30$  ps/nm para aplicaciones NRZ 40G sin compensación adaptable de la dispersión. Hay diversas causas, entre ellas la precisión de la medición, la temperatura, las reparaciones y el envejecimiento, que hacen que  $D_p$  difiera de  $D_i$  en una cantidad  $\delta_p$ . Hay otras causas semejantes, entre las que se encuentran la definición de la granularidad, la temperatura y el envejecimiento, que hacen que  $D_c$  difiera de  $D_i$  en una cantidad  $\delta_c$ . Por consiguiente, la restricción anterior implica que para garantizar que no se sobrepase  $D_{r \text{ máx}}$ , es necesario que:

$$|\delta_p| + |\delta_c| < D_{r \text{ máx}}$$

Aunque se han utilizado valores razonables de  $D_{r \text{ máx}}$  y de  $\delta_c$  para elaborar las especificaciones de la desviación de la dispersión cromática ( $\delta_p$ ), en esta Recomendación sólo se especifican valores para  $\delta_p$ , que figuran en los cuadros de la cláusula 8.

### 7.2.3.5 Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S<sub>M</sub> o MPI-S

Las reflexiones son causadas por discontinuidades del índice de refracción a lo largo del trayecto óptico. Si no se controlan, pueden degradar la calidad de funcionamiento del sistema por su efecto perturbador en el funcionamiento de la fuente óptica o del amplificador, o por múltiples reflexiones que producen ruido interferométrico en el receptor. Las reflexiones en el trayecto óptico se controlan especificando:

- la mínima atenuación óptica de retorno de la planta de cable en el punto de referencia del origen (por ejemplo, MPI-S<sub>M</sub>, MPI-S), incluidos los eventuales conectores; y
- la máxima reflectancia discreta entre puntos de referencia del origen (por ejemplo, MPI-S<sub>M</sub>, MPI-S) y puntos de referencia del receptor (por ejemplo, MPI-R<sub>M</sub>, MPI-R).

La reflectancia representa la reflexión en cualquier punto singular reflector discreto, mientras que la atenuación óptica de retorno es la relación de la potencia óptica incidente a la potencia óptica total devuelta en toda la fibra, incluidas las reflexiones discretas y la retrodispersión distribuida tal como la dispersión de Rayleigh.

En el apéndice I/G.957 se describen los métodos de medición de las reflexiones. Para medir la reflectancia y las atenuación de retorno, se supone que los puntos MPI-S y MPI-R coinciden con la cara externa de cada enchufe de conector. Se reconoce que esto no incluye la característica de reflexión real de los respectivos conectores en el sistema operacional. Se supone que estas reflexiones tienen el valor nominal de la reflexión para el tipo específico de conectores utilizado.

### 7.2.3.6 Máxima reflectancia discreta entre MPI-S<sub>M</sub> y MPI-R<sub>M</sub> o entre MPI-S y MPI-R

La reflectancia óptica se define como la relación entre la potencia óptica reflejada existente en un punto y la potencia óptica incidente en dicho punto. El control de las reflexiones se trata detalladamente en la Rec. UIT-T G.957. El número máximo de conectores u otros puntos de reflexión discreta que pueden incluirse en el trayecto óptico (por ejemplo en los repartidores, o componentes WDM) debe ser tal que permita obtener la atenuación óptica total de retorno especificada. Si no puede hacerse utilizando conectores que satisfagan las reflexiones discretas máximas citadas en los cuadros de la cláusula 8, deben emplearse conectores que tengan mejor característica de reflexión. Por otra parte debe reducirse el número de conectores. También puede ser necesario limitar el número de conectores o utilizar conectores con característica de reflectancia mejorada a fin de evitar degradaciones inaceptables producidas por múltiples reflexiones.

En los cuadros de la cláusula 8, el valor  $-27$  dB de máxima reflectancia discreta entre puntos de referencia de origen y puntos de referencia de recepción está destinado a reducir al mínimo los efectos de múltiples reflexiones (por ejemplo, el ruido interferométrico). El valor de reflectancia máxima del receptor se elige de manera que se obtengan penalizaciones aceptables producidas por múltiples reflexiones con todas las configuraciones posibles de sistema que incluyan múltiples conectores, etc. Los sistemas que emplean menos conectores o conectores de rendimiento superior

producen menos reflexiones múltiples, y por consiguiente son capaces de tolerar receptores con una reflectancia superior.

### 7.2.3.7 Máximo retardo diferencial de grupo

El retardo diferencial de grupo (DGD, *differential group delay*) es la diferencia de tiempo entre las fracciones de un impulso que se transmiten en los dos estados de polarización principales de una señal óptica. Para distancias superiores a varios kilómetros, y suponiendo acoplamiento de modo de polarización (fuerte) aleatoria, el DGD en una fibra puede modelarse estadísticamente de manera que tenga una distribución de Maxwell.

En esta Recomendación, el máximo retardo diferencial de grupo es por definición el valor de DGD que el sistema debe tolerar con una degradación máxima de sensibilidad de 1 dB aproximadamente.

Debido a la naturaleza estadística de la dispersión por modo de polarización (PMD, *polarization mode dispersion*), la relación entre el DGD máximo y el DGD medio sólo puede definirse en cuanto a probabilidad. La probabilidad de que el DGD instantáneo supere cualquier valor dado puede deducirse de sus estadísticas de Maxwell. Por tanto, si conocemos el DGD máximo que el sistema puede tolerar, podemos obtener el DGD medio equivalente dividiendo por la relación máximo/medio que corresponde a una probabilidad aceptable. El cuadro 7-2 da algunos ejemplos de relaciones.

**Cuadro 7-2/G.959.1 – Medias y probabilidades de DGD**

Relación máximo/medio	Probabilidad de superar el máximo
3,0	$4,2 \times 10^{-5}$
3,5	$7,7 \times 10^{-7}$
4,0	$7,4 \times 10^{-9}$

### 7.2.4 Interfaz en el punto MPI-R<sub>M</sub> o en el MPI-R

#### 7.2.4.1 Máxima potencia media de entrada del canal

Es el valor máximo aceptable de la potencia media de canal recibida en el punto MPI-R<sub>M</sub> o en el MPI-R, para obtener la BER máxima del código de aplicación.

#### 7.2.4.2 Mínima potencia media de entrada del canal

Es el valor mínimo de la potencia media del canal recibida en el punto MPI-R<sub>M</sub>. Esta potencia corresponde a la mínima potencia media de salida del canal menos la máxima atenuación de la aplicación.

NOTA – La mínima potencia de entrada media del canal en MPI-R<sub>M</sub> debe ser mayor que la mínima sensibilidad equivalente, en un valor igual a la máxima penalización del trayecto óptico.

#### 7.2.4.3 Máxima potencia media total de entrada

Es la máxima potencia total de entrada aceptable en el punto MPI-R<sub>M</sub>.

#### 7.2.4.4 Máxima diferencia de potencia del canal

Es la diferencia entre el valor máximo de la potencia media de entrada del canal y el valor mínimo de la potencia media de entrada del canal coexistentes en una anchura de banda de resolución óptica dada, independientemente del número de canales, en la aplicación.

#### 7.2.4.5 Máxima penalización del trayecto óptico

La penalización del trayecto es la reducción aparente de sensibilidad del receptor (o sensibilidad equivalente en el caso de aplicaciones multicanal) debida a la distorsión de la forma de onda de la

señal durante su transmisión por el trayecto. Se manifiesta como un desplazamiento de las curvas BER del sistema hacia niveles de potencia de entrada superiores. Esto corresponde a una penalización del trayecto positiva. Pueden existir penalizaciones del trayecto negativas en algunas circunstancias, pero deben ser pequeñas. (Una penalización del trayecto negativa indica que un diagrama en ojo del transmisor casi perfecto ha sido mejorado parcialmente por las distorsiones dependientes del trayecto.) Teóricamente las curvas BER sólo deben experimentar una traslación, pero no son infrecuentes las variaciones de forma, lo que puede indicar la aparición de valores mínimos de BER. Como la penalización del trayecto es un cambio en la sensibilidad del receptor, se mide a un nivel BER de  $10^{-12}$ .

En el caso de códigos de aplicación que requieren la transmisión de bytes de FEC (es decir, que tengan el sufijo de código F), las dos sensibilidades del receptor (con y sin degradación debida al trayecto óptico) se miden después de efectuada la corrección de error, si ésta se aplica.

Para aplicaciones con velocidades binarias de canal correspondientes a NRZ 2,5G y NRZ 10G se permite una penalización máxima del trayecto de 1 dB en sistemas de baja dispersión y de 2 dB en sistemas de alta dispersión. Las penalizaciones del trayecto no se hacen proporcionales a las distancias objetivo para evitar el funcionamiento de sistemas con elevadas penalizaciones.

Para aplicaciones con velocidades binarias de canal correspondientes a NRZ 40G el valor de la penalización del trayecto óptico es 1 dB mayor que el correspondiente a las velocidades menores. Esto permite tener en cuenta la penalización relacionada con la PMD (tanto la del primer orden como la del segundo).

En el futuro pueden introducirse sistemas que empleen técnicas de acomodación de la dispersión basadas en la predistorsión de la señal en el transmisor. En este caso, la penalización del trayecto en el sentido indicado sólo puede definirse entre puntos con señales no distorsionadas. Estos puntos, sin embargo, no coinciden con las interfaces del trayecto principal, por lo que pueden llegar a ser inaccesibles. La definición de penalización del trayecto en este caso queda en estudio.

El valor medio de las penalizaciones de dispersión aleatoria debidas a la PMD se incluyen en la penalización permitida del trayecto. A este respecto, se requiere que la combinación transmisor/receptor tolere un DGD real de 0,3 periodos de bit con una degradación de sensibilidad máxima de 1 dB aproximadamente (con 50% de potencia óptica en cada estado principal de polarización). En un receptor bien diseñado, esto corresponde a una penalización de 0,1-0,2 dB para un DGD de 0,1 periodo de bit. El DGD real que puede encontrarse en funcionamiento es una propiedad de la fibra/cable aleatoriamente variable, y no puede especificarse en esta Recomendación. Este tema se trata más detenidamente en el apéndice I/G.691.

Hay que señalar que una reducción de la relación señal/ruido debida a la amplificación óptica no se considera penalización del trayecto.

Esta definición puede aplicarse directamente a los sistemas monocal. En el caso de la IrDI multicanal, pueden utilizarse dos métodos alternativos.

- El método A puede utilizarse cuando los puntos de referencia monocal son accesibles en el extremo de recepción del enlace para verificación. En este método se utilizan los procedimientos descritos en las Recs. UIT-T G.957 y G.691. La configuración para este método se describe en el anexo A.
- El método B emplea un filtro paso banda óptico de referencia para aislar cada una de las señales transmitidas, seguido por un receptor de referencia. La característica del filtro paso banda óptico de referencia y del receptor de referencia se indican en el anexo B.

NOTA – La penalización del trayecto óptico observada en el receptor de referencia puede no ser exactamente la misma que la realmente experimentada en el equipo receptor, dependiendo de la implementación de diseño.



#### **7.2.4.6 Mínima sensibilidad equivalente**

Es la sensibilidad mínima que requeriría un receptor situado en MPI-R<sub>M</sub> en aplicaciones multicanal para obtener una BER máxima especificada del código de aplicación si hubieran de suprimirse todos los canales menos uno (con un filtro ideal sin atenuación) en el punto MPI-R<sub>M</sub>. Debe cumplirse con un transmisor que funcione con los valores correspondientes al caso más desfavorable de plantilla del diagrama en ojo del transmisor, relación de extinción, atenuación del retorno óptico en el punto MPI-S<sub>M</sub>, degradaciones de los conectores, diafonía en el lado del transmisor, ruido del amplificador óptico y tolerancias de medición. No es obligatorio que esto se dé en condiciones de dispersión, falta de linealidad, ni reflexiones del trayecto óptico; estos efectos se especifican aparte al atribuir la máxima penalización del trayecto óptico.

NOTA 1 – La mínima potencia media de entrada del canal en MPI-R<sub>M</sub> debe ser mayor que la mínima sensibilidad equivalente en un valor igual a la máxima penalización del trayecto óptico.

NOTA 2 – No tiene que cumplirse la sensibilidad del receptor si la fluctuación de fase del transmisor es superior al límite apropiado de generación de fluctuación de fase (por ejemplo, G.8251 para las señales afluentes ópticas de la OTN).

Los efectos del envejecimiento no se especifican por separado. Se especifican valores correspondientes al final de la vida útil y al caso más desfavorable.

#### **7.2.4.7 Máxima reflectancia del elemento de red óptico**

Las reflexiones en el ONE que vuelven a la planta de cable son especificadas por la máxima reflectancia permisible del ONE, medida en el punto de referencia MPI-R<sub>M</sub> o en el MPI-R. La reflectancia óptica se define en 7.2.3.6.

#### **7.2.4.8 Sensibilidad mínima**

Es el valor mínimo de la potencia media recibida en el punto MPI-R para obtener la BER máxima especificada del código de aplicación. Debe cumplirse con un transmisor que funcione con valores correspondientes al caso más desfavorable de plantilla del diagrama en ojo del transmisor, relación de extinción, atenuación óptica de retorno en los puntos MPI-S, degradaciones de los conectores, ruido del amplificador óptico y tolerancias de la medición. No tiene que cumplirse si existe dispersión o reflexiones en el trayecto óptico; estos efectos se especifican por separado en la atribución de la máxima penalización del trayecto óptico.

NOTA 1 – La mínima potencia óptica media en el receptor debe ser mayor que la sensibilidad mínima en el valor de la máxima penalización del trayecto óptico.

NOTA 2 – No tiene que cumplirse la sensibilidad del receptor si la fluctuación de fase del transmisor es superior al límite apropiado de generación de fluctuación de fase (por ejemplo, G.8251 para las señales afluentes ópticas de la OTN).

Los efectos de envejecimiento no se especifican por separado. Se especifican valores correspondientes al caso más desfavorable del final de la vida útil.

## 8 Valor de los parámetros

### 8.1 IrDI multicanal

Los parámetros y valores de la capa física de las interfaces interdominios multicanal se indican en el cuadro 8-1.

**Cuadro 8-1/G.959.1 – Parámetros y valores de la capa física para aplicaciones IrDI multicanal**

Parámetro (nota 1)	Unidades	P16S1-1D2 P16S1-1D5	P16I1-2D2 P16I1-2D3 (Nota 2) P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2B5	P16S1-2C2 P16S1-2C3 P16S1-2C5
<b>Información general</b>					
Máximo número de canales	–	16	16	16	16
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 2,5G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
Máxima tasa de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>
Tipo de fibra	–	G.652, G.655	G.652, G.653, G.655	G.652, G.655	G.652, G.653, G.655
<b>Interfaz en el punto MPI-S<sub>M</sub></b>					
Máxima potencia media de salida de canal	dBm	–4	–3	+3	–7
Mínima potencia media de salida de canal	dBm	–10	–6	0	–11
Máxima potencia media total de salida	dBm	+8	+9	+15	+5
Frecuencia central	THz	192,1 + 0,2 m, m = 0 a 15	192,1 + 0,2 m, m = 0 a 15	192,1 + 0,2 m, m = 0 a 15	192,1 + 0,2 m, m = 0 a 15
Separación de canales	GHz	200	200	200	200
Máxima desviación de frecuencia central	GHz	40	40	40	40
Mínima relación de extinción de canal	dB	8,2	8,2	8,2	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 2,5G	NRZ 10G amplificada	NRZ 10G amplificada	NRZ 10G amplificada
<b>Trayecto óptico (un solo tramo) del punto MPI-S<sub>M</sub> al MPI-R<sub>M</sub></b>					
Atenuación máxima	dB	11	6 (nota 2)	11	11
Atenuación mínima	dB	2	0	0	0
Máxima dispersión cromática	ps/nm	800	400	800	800

**Cuadro 8-1/G.959.1 – Parámetros y valores de la capa física para aplicaciones IrDI multicanal**

<b>Parámetro (nota 1)</b>	<b>Unidades</b>	<b>P16S1-1D2 P16S1-1D5</b>	<b>P16I1-2D2 P16I1-2D3 (Nota 2) P16I1-2D5</b>	<b>P16S1-2B2 P16S1-2B5</b>	<b>P16S1-2C2 P16S1-2C3 P16S1-2C5</b>
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S <sub>M</sub>	dB	24	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S <sub>M</sub> y MPI-R <sub>M</sub>	dB	-27	-27	-27	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	120	30	30	30
<b>Interfaz en el punto MPI-R<sub>M</sub></b>					
Máxima potencia media de entrada de canal	dBm	-6	-3	+3	-7
Mínima potencia media de entrada de canal	dBm	-21	-12	-11	-22
Máxima potencia media total de entrada	dBm	+6	+9	+15	+5
Máxima diferencia de potencia de canal	dB	NA	NA	NA	2
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1	2 para G.652, 1 para G.653 (nota 2) 1 para G.655	2 para G.652, 1 para G.655	2 para G.652, 1 para G.653, 1 para G.655
Mínima sensibilidad equivalente	dBm	-22	-14 para G.652, -13 para G.653, -13 para G.655	-13 para G.652, -12 para G.655	-24 para G.652, -23 para G.653 -23 para G.655
Máxima reflectancia del elemento de red óptico	dB	-27	-27	-27	-27

NOTA 1 – Los valores de los parámetros de este cuadro tal vez no sean aplicables a futuros sistemas que utilicen amplificadores de línea, o a interfaces intradominios (IaDI).

NOTA 2 – Para una penalización de trayecto óptico de 1 dB, se recomienda que la distancia de transmisión de las interfaces conexión local multicanal por fibras G.653 no pase de 2 km debido a la falta de linealidad de la fibra. Si la distancia es superior a 2 km, puede aplicarse otra penalización (además de la penalización del trayecto óptico de 1 dB).

## 8.2 IrDI monocanal

Los parámetros y valores de la capa física para las interfaces interdominios monocanal se indican en los cuadros 8-2 a 8-11.

**Cuadro 8-2/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para las aplicaciones intracentral y de corta distancia de señales afluentes ópticas de la clase NRZ 2,5G**

Parámetro	Unidades	P1I1-1D1	P1S1-1D1	P1S1-1D2
<b>Información general</b>		(Nota)	(Nota)	(Nota)
Máximo número de canales	–	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G
Máxima tasa de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.652
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>				
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1266-1360	1260-1360	1430-1580
Tipo de fuente		MLM	SLM	SLM
Anchura RMS máxima ( $\sigma$ )	nm	4	NA	NA
Anchura máxima a –20 dB	nm	NA	1	<1
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	NA	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	–3	0	0
Mínima potencia media de salida	dBm	–10	–5	–5
Mínima relación de extinción	dB	8,2	8,2	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>				
Atenuación máxima	dB	6	11	11
Atenuación mínima	dB	0	0	0
Máxima dispersión cromática	ps/nm	12	NA	Como en G.957 "S-16.2"
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	14	14	14
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	–27	–27	–27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	120	120	120
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>				
Máxima potencia media de entrada	dBm	–3	0	0
Sensibilidad mínima	dBm	–17	–17	–17

**Cuadro 8-2/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para las aplicaciones intracentral y de corta distancia de señales afluentes ópticas de la clase NRZ 2,5G**

Parámetro	Unidades	P1I1-1D1	P1S1-1D1	P1S1-1D2
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1	1	1
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-14	-14	-14
NOTA – Los valores de parámetros para estos códigos de aplicación se basan en gran medida en la Rec. UIT-T G.957.				

**Cuadro 8-3/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de larga distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 2,5G**

Parámetro	Unidades	P1L1-1D1	P1L1-1D2	1L1-1D2F
<b>Información general</b>		(Nota 1)	(Nota 1)	
Máximo número de canales	–	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ OTU1 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup> (Nota 2)
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.652
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>				
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1280-1335	1500-1580	1500-1580
Tipo de fuente		SLM	SLM	SLM
Anchura RMS máxima ( $\sigma$ )	nm	NA	NA	NA
Anchura máxima a -20 dB	nm	1	1	1
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	+3	+3	+3
Mínima potencia media de salida	dBm	-2	-2	-2
Mínima relación de extinción	dB	8,2	8,2	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>				
Atenuación máxima	dB	22	22	24
Atenuación mínima	dB	12	12	12
Máxima dispersión cromática	ps/nm	NA	Como en G.957 "L-16.2"	Como en G.957 "L-16.2"
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	-27	-27	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	120	120	120

**Cuadro 8-3/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de larga distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 2,5G**

Parámetro	Unidades	P1L1-1D1	P1L1-1D2	1L1-1D2F
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>				
Máxima potencia media de entrada	dBm	-9	-9	-9
Sensibilidad mínima	dBm	-25	-26	-28
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1	2	2
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-27	-27	-27
NOTA 1 – Los valores de parámetros para estos códigos de aplicación se basan en gran medida en la Rec. UIT-T G.957.				
NOTA 2 – En estos códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección de error (si se utiliza). Por tanto, la BER en la entrada del decodificador FEC puede ser muy superior a $10^{-12}$ .				

**Cuadro 8-4/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de distancia ultralarga con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 2,5G**

Parámetro	Unidades	P1U1-1A2	P1U1-1A3	P1U1-1A5	1U1-1B2F 1U1-1B5F	1U1-1B3F
Código de aplicación de G.691		U-16.2	U-16.3	–	–	–
<b>Información general</b>						
Máximo número de canales	–	(Nota 1) 1	(Nota 1) 1	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ OTU1 con FEC	NRZ OTU1 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	–	$10^{-12}$	$10^{-12}$	$10^{-12}$	$10^{-12}$ (Nota 2)	$10^{-12}$ (Nota 2)
Tipo de fibra	–	G.652	G.653	G.655	G.652, G.655	G.653
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>						
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1530-1565
Tipo de fuente		SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30	30	30	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	+15	+15	+15	+18	+18

**Cuadro 8-4/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de distancia ultralarga con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 2,5G**

Parámetro	Unidades	P1U1-1A2	P1U1-1A3	P1U1-1A5	1U1-1B2F 1U1-1B5F	1U1-1B3F
Mínima potencia media de salida	dBm	+12	+12	+12	+15	+15
Mínima relación de extinción	dB	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>						
Atenuación máxima	dB	44	44	44	44	44
Atenuación mínima	dB	33	33	33	27	27
Máxima dispersión cromática	ps/nm	3200	530	1600	3200 G.652, 1600 G.655	530 (Nota 3)
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	24	24	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	-27	-27	-27	-27	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	120	120	120	120	120
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>						
Máxima potencia media de entrada	dBm	-18	-18	-18	-9	-9
Sensibilidad mínima	dBm	-34	-33	-34	-31	-30
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	2	1	2	2	1
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-27	-27	-27	-27	-27

NOTA 1 – Los valores de parámetros para estos códigos de aplicación se basan en gran medida en la Rec. UIT-T G.691.

NOTA 2 – En estos códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección de error (si se utiliza). Por tanto, la BER en la entrada del decodificador FEC puede ser muy superior a  $10^{-12}$ .

NOTA 3 – En la fibra G.653, algunas combinaciones de longitud de onda del transmisor y longitud de onda de dispersión nula de la fibra pueden resultar en una dispersión negativa del enlace. No se ha comprobado si el funcionamiento es adecuado en estas circunstancias, a los niveles de potencia exigidos para esta aplicación. En este caso, puede ser necesario que el proveedor del enlace y el fabricante del sistema deban realizar trabajos conjuntos de ingeniería, a fin de evitar esta situación.

**Cuadro 8-5/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocal para aplicaciones intracentral con señales afluentes ópticas NRZ 10G**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>P1I1-2D2</b>	<b>P1I1-2D3</b>	<b>P1I1-2D5</b>
Código de aplicación G.691		I-64.2	I-64.3	I-64.5
<b>Información general</b>				
Máximo número de canales	–	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
Máxima tasa de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>
Tipo de fibra	–	G.652	G.653	G.655
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>				
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1500-1580	1500-1580	1500-1580
Tipo de fuente		SLM	SLM	SLM
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	-1	-1	-1
Mínima potencia media de salida	dBm	-5	-5	-5
Mínima relación de extinción	dB	8,2	8,2	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>				
Atenuación máxima	dB	7	7	7
Atenuación mínima	dB	0	0	0
Máxima dispersión cromática	ps/nm	500	80	En estudio
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	-27	-27	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	30	30	30
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>				
Máxima potencia media de entrada	dBm	-1	-1	-1
Sensibilidad mínima	dBm	-14	-13	-13
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	2	1	2
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-27	-27	-27



**Cuadro 8-6/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de corta distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G, para la fibra G.652**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>P1S1-2D1</b>	<b>P1S1-2D2a</b>	<b>P1S1-2D2b</b>	<b>1S1-2D2bF</b>
Código de aplicación G.691		S-64.1	S-64.2a	S-64.2b	
<b>Información general</b>					
Máximo número de canales	–	1	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup> (nota 2)
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.652	G.652
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>					
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1290-1330	1530-1565	1530-1565	1530-1565
Tipo de fuente	–		SLM	SLM	SLM
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30	30	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	+5	-1	+2	+2
Mínima potencia media de salida	dBm	+1	-5	-1	-2
Mínima relación de extinción	dB	6	8,2	8,2	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 10G región de 1310 nm	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>					
Atenuación máxima	dB	11	11	11	12
Atenuación mínima	dB	6	7	3	3
Máxima dispersión cromática	ps/nm	70	800	800	800
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	14	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	-27	-27	-27	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	30	30	30	30

**Cuadro 8-6/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocal para aplicaciones de corta distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G, para la fibra G.652**

Parámetro	Unidades	P1S1-2D1	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	1S1-2D2bF
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>					
Máxima potencia media de entrada	dBm	-1	-8	-1	-1
Sensibilidad mínima	dBm	-11	-18	-14	-16
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1	2	2	2
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-14	-27	-27	-27
<p>NOTA 1 – Los códigos de aplicación con sufijo "a" tienen niveles de potencia del transmisor adecuados para los receptores APD; los códigos de aplicación con sufijo "b" tienen niveles de potencia de transmisor adecuados para los receptores PIN.</p> <p>NOTA 2 – En estos códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección de error (si se utiliza). Por tanto, la BER en la entrada del decodificador FEC puede ser muy superior a <math>10^{-12}</math>.</p>					

**Cuadro 8-7/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocal para aplicaciones de corta distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G, para las fibras G.653 y G.655**

Parámetro	Unidades	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	1S1-2D3bF 1S1-2D5bF
Código de aplicación G.691		S-64.3a S-64.5a	S-64.3b S-64.5b	
<b>Información general</b>				
Máximo número de canales	–	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	–	$10^{-12}$	$10^{-12}$	$10^{-12}$ (Nota 2)
Tipo de fibra	–	G.653, G.655	G.653, G.655	G.653, G.655
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>				
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1530-1565	1530-1565	1530-1565
Tipo de fuente	–	SLM	SLM	SLM
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	-1	+2	+2
Mínima potencia media de salida	dBm	-5	-1	-2
Mínima relación de extinción	dB	8,2	8,2	8,2

**Cuadro 8-7/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de corta distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G, para las fibras G.653 y G.655**

Parámetro	Unidades	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	1S1-2D3bF 1S1-2D5bF
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>				
Atenuación máxima	dB	11	11	12
Atenuación mínima	dB	7	3	3
Máxima dispersión cromática	ps/nm	130	130	130
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	–27	–27	–27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	30	30	30
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>				
Máxima potencia media de entrada	dBm	–8	–1	–1
Sensibilidad mínima	dBm	–17	–13	–15
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1	1	1
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	–27	–27	–27
<p>NOTA 1 – Los códigos de aplicación con sufijo "a" tienen niveles de potencia del transmisor adecuados para los receptores APD; los códigos de aplicación con sufijo "b" tienen niveles de potencia de transmisor adecuados para los receptores PIN.</p> <p>NOTA 2 – En estos códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección de error (si se utiliza). Por tanto, la BER en la entrada del decodificador FEC puede ser muy superior a <math>10^{-12}</math>.</p>				

**Cuadro 8-8/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de larga distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G**

Parámetro	Unidades	P1L1-2D1	P1L1-2D2	1L1-2D2F
Código de aplicación G.691		L-64.1	–	–
<b>Información general</b>				
Máximo número de canales	–	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	–	$10^{-12}$	$10^{-12}$	$10^{-12}$ (nota)
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.652
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>				
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1290-1320	1530-1565	1530-1565
Tipo de fuente	–	SLM	SLM	SLM

**Cuadro 8-8/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de larga distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G**

Parámetro	Unidades	P1L1-2D1	P1L1-2D2	1L1-2D2F
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	+7	+4	+4
Mínima potencia media de salida	dBm	+3	0	-1
Mínima relación de extinción	dB	6	9	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	-	NRZ 10G región de 1310 nm	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>				
Atenuación máxima	dB	22	22	22
Atenuación mínima	dB	16	11	11
Máxima dispersión cromática	ps/nm	130	1600	1600
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	-27	-27	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	30	30	30
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>				
Máxima potencia media de entrada	dBm	-9	-7	-7
Sensibilidad mínima	dBm	-20	-24	-25
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1	2	2
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-27	-27	-27
NOTA – En estos códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección de error (si se utiliza). Por tanto, la BER en la entrada del decodificador FEC puede ser muy superior a $10^{-12}$ .				

**Cuadro 8-9/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de muy larga distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G**

Parámetro	Unidades	P1V1-2C2	1V1-2C2F	P1V1-2B5	1V1-2B5F
<b>Información general</b>					
Máximo número de canales	-	1	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	-	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	-	$10^{-12}$	$10^{-12}$ (nota)	$10^{-12}$	$10^{-12}$ (nota)
Tipo de fibra	-	G.652	G.652	G.655	G.655
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>					
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	-	-	1530-1565	1530-1565
Frecuencia central	THz	192,1	192,1	-	-

**Cuadro 8-9/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de muy larga distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>P1V1-2C2</b>	<b>1V1-2C2F</b>	<b>P1V1-2B5</b>	<b>1V1-2B5F</b>
Desviación máxima de la frecuencia central	GHz	40	40	–	–
Tipo de fuente	–	SLM	SLM	SLM	SLM
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30	30	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	+7	+7	+13	+13
Mínima potencia media de salida	dBm	+4	+3	+10	+10
Mínima relación de extinción	dB	9	9	9	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 10G ampliada	NRZ 10G ampliada	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>					
Atenuación máxima	dB	33	33	33	33
Atenuación mínima	dB	21	21	20	20
Máxima dispersión cromática	ps/nm	2400	2400	800	800
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	24	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	–27	–27	–27	–27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	30	30	30	30
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>					
Máxima potencia media de entrada	dBm	–14	–14	–7	–7
Sensibilidad mínima	dBm	–30	–31	–24	–24
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1	1	1	1
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	–27	–27	–27	–27
NOTA – En estos códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección de error (si se utiliza). Por tanto, la BER en la entrada del decodificador FEC puede ser muy superior a $10^{-12}$ .					

**Cuadro 8-10/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de larga y muy larga distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G, utilizando compensación electrónica de la dispersión**

Parámetro	Unidades	P1L1-2D2E	1L1-2D2FE	P1V1-2B2E	1V1-2B2FE
<b>Información general</b>					
Máximo número de canales	–	(Nota 1) 1	(Nota 1) 1	(Nota 1) 1	(Nota 1) 1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	–	$10^{-12}$	$10^{-12}$ (Nota 2)	$10^{-12}$	$10^{-12}$ (Nota 2)
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.652	G.652
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>					
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Tipo de fuente	–	SLM	SLM	SLM	SLM
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Máxima potencia media de salida	dBm	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima potencia media de salida	dBm	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de extinción	dB	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Plantilla del diagrama en ojo	–	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>					
Atenuación máxima	dB	22	22	33	33
Atenuación mínima	dB	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Máxima dispersión cromática	ps/nm	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	30	30	30	30
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>					
Máxima potencia media de entrada	dBm	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Sensibilidad mínima	dBm	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
<p>NOTA 1 – Se requiere de un parámetro adicional para estos códigos de aplicación a fin de garantizar que las características espectrales del transmisor sean adecuadas. Este parámetro se encuentra en estudio. En el apéndice VII figura un conjunto inicial de valores de los parámetros mencionados.</p> <p>NOTA 2 – En estos códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección de error (si se utiliza). Por tanto, la BER en la entrada del decodificador FEC puede ser muy superior a <math>10^{-12}</math>.</p>					

**Cuadro 8-11/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para señales afluentes ópticas de la clase NRZ 40G**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>P1S1-3C2 P1S1-3C3 P1S1-3C5</b>	<b>P1L1-3A2 P1L1-3A3 P1L1-3A5</b>	<b>1L1-3C2FD 1L1-3C3FD 1L1-3C5FD</b>	<b>1L1-3C2F 1L1-3C3F 1L1-3C5F</b>
<b>Información general</b>					
Máximo número de canales	–	1	1	1	1
Velocidad binaria/ codificación de línea de las señales afluentes ópticas	–	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ OTU3 con FEC	NRZ OTU3 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup> (Nota 3)	10 <sup>-12</sup> (Nota 3)
Tipo de fibra	–	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>					
Frecuencia central	THz	192,1	192,1	192,1	192,1
Máxima desviación de la frecuencia central	GHz	40	40	40	40
Tipo de fuente	–	SLM	SLM	SLM	SLM
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz				
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	35	35	35	35
Máxima potencia media de salida	dBm	+3	+8	+5	+5
Mínima potencia media de salida	dBm	-3	+5	+2	+2
Mínima relación de extinción	dB	8,2	10	10	10
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>					
Atenuación máxima	dB	11	22	22	22
Atenuación mínima	dB	0	11	11	11
Máxima dispersión cromática	ps/nm	800 para G.652, 140 para G.653, 400 para G.655	1600 para G.652, 280 para G.653, 800 para G.655	1600 para G.652, 280 para G.653, 800 para G.655	1600 para G.652, 280 para G.653, 800 para G.655
Máxima desviación de la dispersión cromática	ps/nm	(Nota 2)	(Nota 2)	± 80	(Nota 2)

**Cuadro 8-11/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para señales afluentes ópticas de la clase NRZ 40G**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>P1S1-3C2 P1S1-3C3 P1S1-3C5</b>	<b>P1L1-3A2 P1L1-3A3 P1L1-3A5</b>	<b>1L1-3C2FD 1L1-3C3FD 1L1-3C5FD</b>	<b>1L1-3C2F 1L1-3C3F 1L1-3C5F</b>
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	24	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	-27	-27	-27	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	7,5 (nota 1)	7,5 (nota 1)	7,5 (nota 1)	7,5 (nota 1)
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>					
Máxima potencia media de entrada	dBm	+3	-3	-6	-6
Sensibilidad mínima	dBm	-17	-20	-22	-23
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	3	3	2	3
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-27	-27	-27	-27
<p>NOTA 1 – Algunas categorías de fibra G.652, G.653 y G.655 tienen un coeficiente PMD demasiado elevado para garantizar este valor de DGD.</p> <p>NOTA 2 – Este valor debe acordarse por ingeniería conjunta entre el proveedor del enlace y el fabricante del sistema.</p> <p>NOTA 3 – En estos códigos de aplicación se requiere satisfacer la BER solamente tras la aplicación de la corrección de error (si se utiliza). Por tanto, la BER en la entrada del decodificador FEC puede ser muy superior a <math>10^{-12}</math>.</p>					

## 9 Consideraciones sobre seguridad óptica

Véanse en la Rec. UIT-T G.664 las consideraciones sobre seguridad óptica.

NOTA – La reducción automática de potencia (APR, *automatic power reduction*) no es necesaria para los niveles de potencia ópticos especificados en la versión actual de esta Recomendación de conformidad con la Rec. UIT-T G.664 e ISO 60825-1 e ISO 60825-2. Las futuras versiones de esta Recomendación pueden, no obstante, indicar niveles de potencia que excedan los niveles de seguridad. En este caso, para las aplicaciones no OTN, se aplicará el procedimiento ALS definido en la Rec. UIT-T G.664 solamente en las interfaces individuales de señal cliente SDH.

## 10 Gestión del nivel de potencia

Queda en estudio.



## Anexo A

### Configuración del método A de evaluación de las características monocanal en una IrDI multicanal

#### A.1 Configuración de referencia

En el caso de la IrDI multicanal, pueden utilizarse puntos de referencia monocanal para acceder a las señales transmitidas individuales para evaluar las características monocanal (relación de extinción, plantilla del diagrama en ojo y penalización del trayecto óptico).

Las mediciones de la plantilla del diagrama en ojo se realizan sometiendo la señal monocanal en el punto de referencia  $S_x$  al "montaje de medición del diagrama en ojo del transmisor" ilustrado en la figura B.1/G.957.

Para la penalización del trayecto óptico se efectúan dos mediciones que se ilustran en la figura A.1. La primera (medición 1) consiste en medir la potencia necesaria para obtener la BER de referencia utilizando la señal en  $S_x$ , lo que se repite después (medición 2) utilizando la señal en el punto de referencia  $R_x$ .

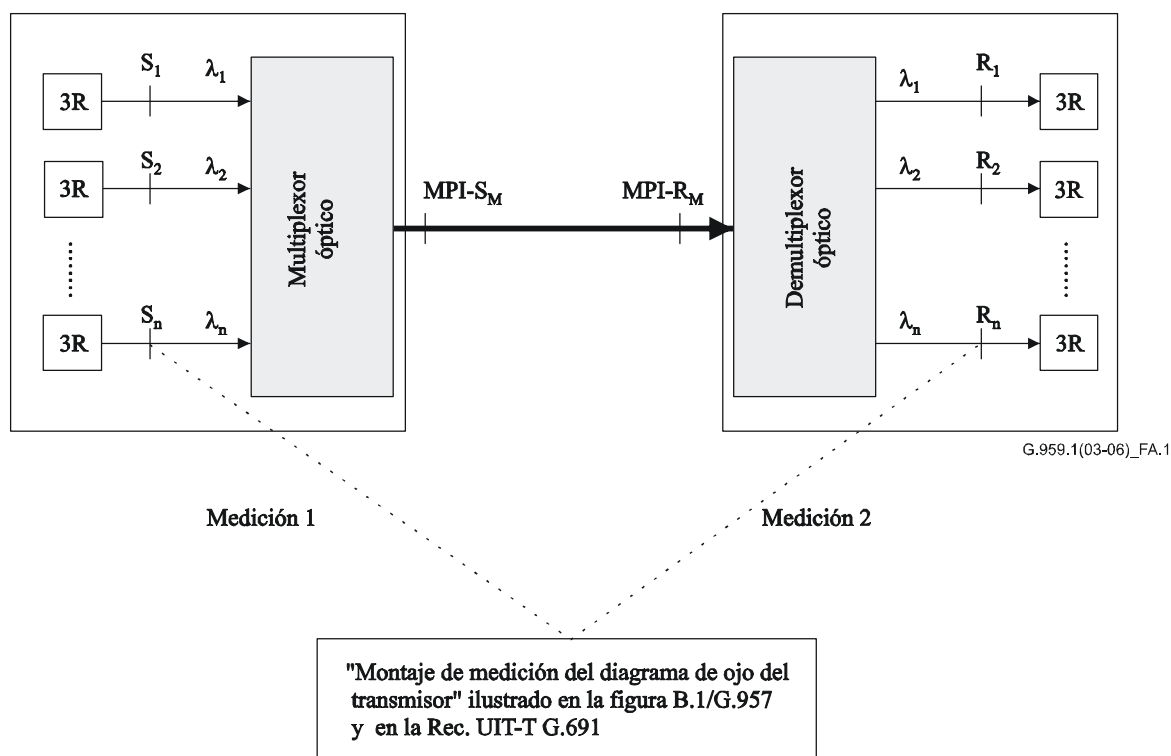


Figura A.1/G.959.1 – Configuración del método A

## Anexo B

### Características del filtro paso banda óptico y del receptor de referencia del método B, para la evaluación de las características monocanal en una IrDI multicanal

#### B.1 Configuración de referencia

En el caso de la IrDI multicanal, puede utilizarse un filtro paso banda óptico de referencia para aislar cada una de las señales transmitidas para evaluar las características monocanal (relación de extinción, plantilla del diagrama en ojo y penalización del trayecto óptico).

La medición de la plantilla del diagrama en ojo se realiza sometiendo la señal en MPI-S<sub>M</sub> al filtro paso banda óptico de referencia y llevando la salida a un receptor de referencia de acuerdo con la configuración indicada en el anexo B/G.957.

En el caso de la penalización del trayecto óptico se efectúan dos mediciones que se ilustran en la figura B.1. La primera (medición 1) consiste en medir la potencia necesaria para obtener la BER de referencia utilizando la señal en MPI-S<sub>M</sub>, lo que se repite después (medición 2) utilizando la señal en MPI-R<sub>M</sub>.

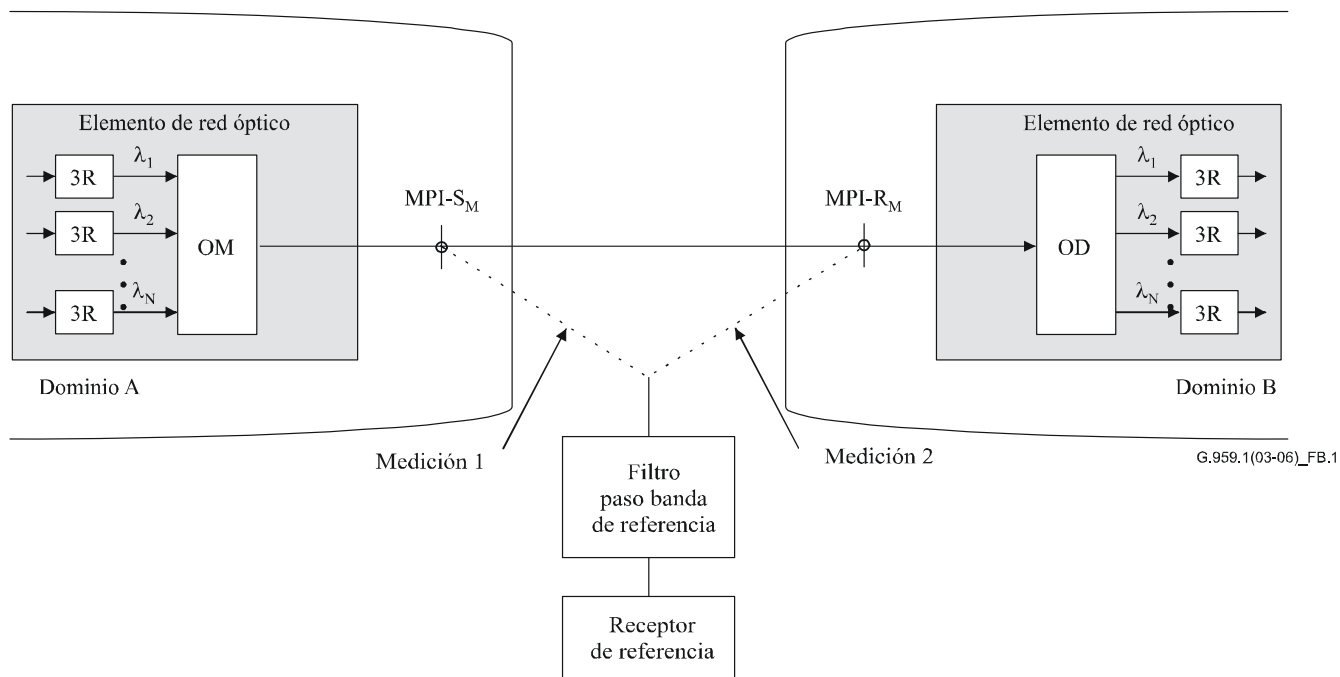


Figura B.1/G.959.1 – Configuración del método B

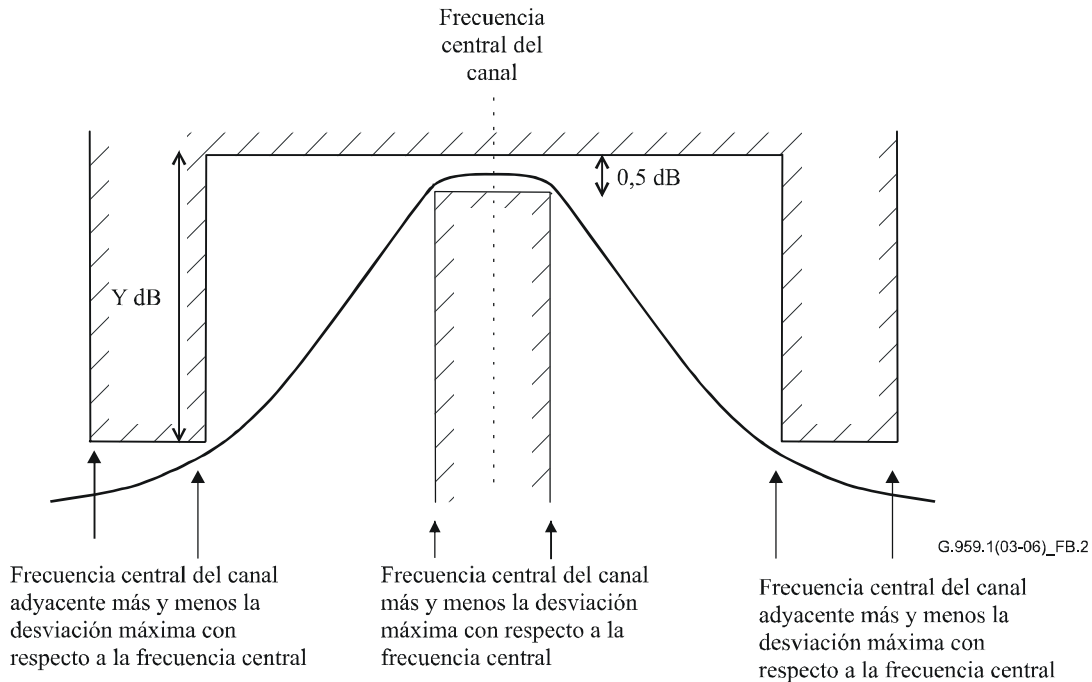
#### B.2 Filtro paso banda óptico de referencia

El objetivo del filtro paso banda óptico de referencia es aislar los canales ópticos individuales de la señal multicanal compuesta. Debe tener características adecuadas para asegurar la mínima interferencia producida por canales adyacentes, pero introduciendo una distorsión despreciable en la señal sometida a prueba. En B.2.1 se indica un conjunto mínimo de requisitos.

Hay varias técnicas que permiten realizar esta función, por ejemplo, un filtro sintonizable o un demultiplexor.

### B.2.1 Parámetros del filtro óptico

Los requisitos de la respuesta de frecuencia del filtro paso banda óptico de referencia se ilustran en la figura B.2. El valor de  $Y$  se elige de manera que la relación entre la potencia en el canal que se mide y la suma de las potencias de todos los demás canales sea mayor que 20 dB.



**Figura B.2/G.959.1 – Respuesta de frecuencia del filtro paso banda óptico**

El diseño del filtro debe elegirse de manera que la velocidad binaria máxima no sufra distorsión considerable debido a la ondulación de la amplitud y de la fase.

### B.3 Receptor de referencia

Se trata de un receptor cuya respuesta en frecuencia se indica en el anexo A/G.691, es decir, un filtro Bessel-Thomson de cuarto orden con una frecuencia de corte a 0,75 veces la velocidad binaria considerada. Los valores de tolerancia de este filtro se indican en el cuadro A.1/G.691.

En el caso de que se utilice el receptor de referencia para medir la tasa de errores en los bits (BER) para evaluar la penalización del trayecto óptico, el umbral de decisión debe ajustarse para la BER más baja en la medición 1 y reoptimizarse luego para la medición 2 a fin de acomodar los requisitos de los diferentes códigos de aplicación y cubrir las diversas implementaciones de diseño que cumplen estos códigos de aplicación.

Para efectuar pruebas monocanal en algunos códigos de aplicación, puede ser necesario incluir un preamplificador en el receptor de referencia.

Se requieren diferentes características del receptor de referencia para las diversas velocidades binarias de señal de los canales definidas en el anexo A/G.691.

## Apéndice I

### Interfaces clientes monocanal con regeneración 3R

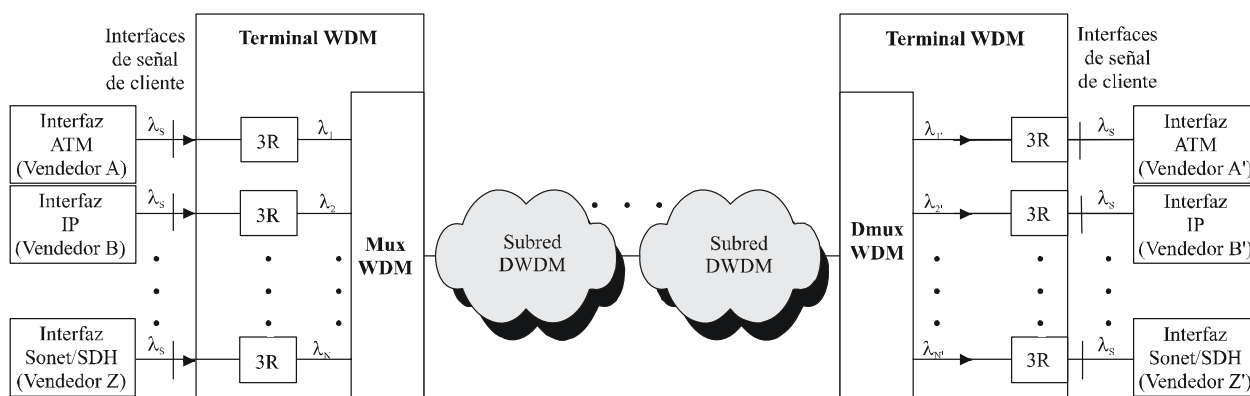
#### I.1 Introducción

En este apéndice se describe el uso de la regeneración 3R en las interfaces de señal cliente a redes ópticas OTN. La regeneración 3R facilitará la interconexión de dichas redes ópticas con las redes de transporte existentes, por ejemplo las redes SDH, y se prevé acelere el despliegue de la OTN a medida que madure la tecnología de interconexión de las redes ópticas.

#### I.2 Descripción de las interfaces de señal cliente con regeneración 3R

Las señales clientes con características ópticas que cumplan las especificaciones de capa física, por ejemplo longitudes de onda y tolerancias de frecuencia, de las redes ópticas OTN pueden resultar interesantes, ya que dichas redes evitan el costo del procesamiento óptico-eléctrico-óptico (OEO) en las interfaces de red. Sin embargo, a fin de transportar señales clientes desde equipos SONET/SDH tradicionales, puede ser necesaria una conversión OEO. Además, a fin de obtener interoperabilidad, el uso de señales clientes físicamente conformes requerirá ingeniería conjunta hasta el momento en que puedan acordarse las necesarias especificaciones de interfaz óptica de capa física.

Si el procesamiento OEO antes descrito incluye regeneración 3R más cualquier otra adaptación necesaria, por ejemplo conversión de longitud de onda, la especificación de parámetros ópticos de capa física en la interfaz cliente puede tomarse de las aplicaciones de corto alcance especificadas en la Rec. UIT-T G.957. Esta interfaz de señal cliente de corto alcance basada en el uso de regeneración 3R en el lado red de la interfaz puede utilizarse para señales clientes tradicionales, así como para transmisores y receptores de señal cliente más recientes. Esta interfaz es un ejemplo de la interfaz interdominios no-OTN (IrDI no-OTN) descrita en la Rec. UIT-T G.872, *Arquitectura de las redes ópticas de transporte*. La interfaz se muestra en la figura I.1, donde  $\lambda_s$  representa la longitud de onda utilizada para la interconexión de corto alcance.



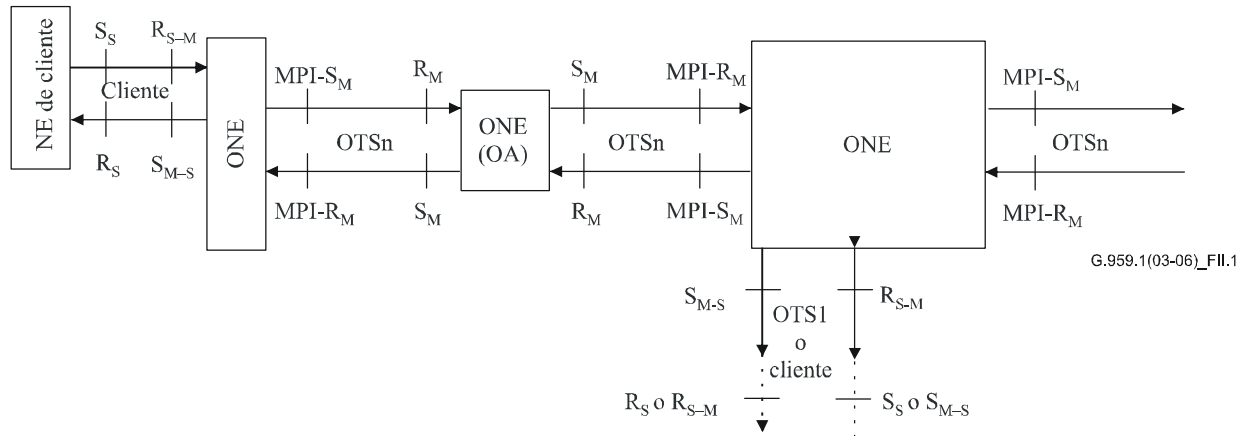
G.959.1(03-06)\_FI.1

Figura I.1/G.959.1 – Ejemplo de interfaz de señal cliente con regeneración 3R

## Apéndice II

### Puntos de referencia genéricos de la OTN

En la figura II.1 se muestra un conjunto de puntos de referencia "genéricos" correspondientes a elementos de red óptica (ONE) de la futura OTN.



**Figura II.1/G.959.1 – Puntos de referencia genéricos para elementos de la red óptica**

Los puntos de referencia en la figura II.1 se definen del siguiente modo:

- $S_S$  es un punto de referencia (monocanal) de la fibra óptica situado inmediatamente detrás de un conector óptico del transmisor del NE cliente monocanal;
- $R_S$  es un punto de referencia (monocanal) situado inmediatamente delante de un conector óptico del receptor del NE cliente monocanal;
- $S_{M-S}$  es un punto de referencia (monocanal) situado inmediatamente detrás de cada uno de los conectores ópticos de salida de la interfaz afluente del elemento de red óptica (el subíndice "M-S" indica una salida monocanal de un sistema que puede ser multicanal);
- $R_{S-M}$  es un punto de referencia (monocanal) de la fibra óptica inmediatamente delante de cada uno de los conectores ópticos de entrada de la interfaz afluente del elemento de red óptica (el subíndice "S-M" indica una entrada monocanal a un sistema que puede ser multicanal);
- $MPI-S_M$  es un punto de referencia (multicanal) de la fibra óptica situado inmediatamente detrás del conector óptico de salida de la interfaz de transporte del elemento de red óptica;
- $MPI-R_M$  es un punto de referencia (multicanal) de la fibra óptica situado inmediatamente delante del conector óptico de entrada de la interfaz de transporte del elemento de red óptica;
- $S_M$  es un punto de referencia situado inmediatamente detrás del conector óptico de salida del OA multicanal de línea;
- $R_M$  es un punto de referencia de la fibra óptica situado inmediatamente delante del conector óptico de entrada del OA multicanal de la línea.

Las interfaces cliente en los puntos de referencia  $S_S$ ,  $R_S$ , y los amplificadores de línea con los puntos de referencia  $S_M$  y  $R_M$  no son objeto de la presente Recomendación.

La expresión "elemento de red óptica" (ONE) permite ilustrar el caso general de un elemento de red genérico en la red óptica de transporte. En general, un ONE puede tener:

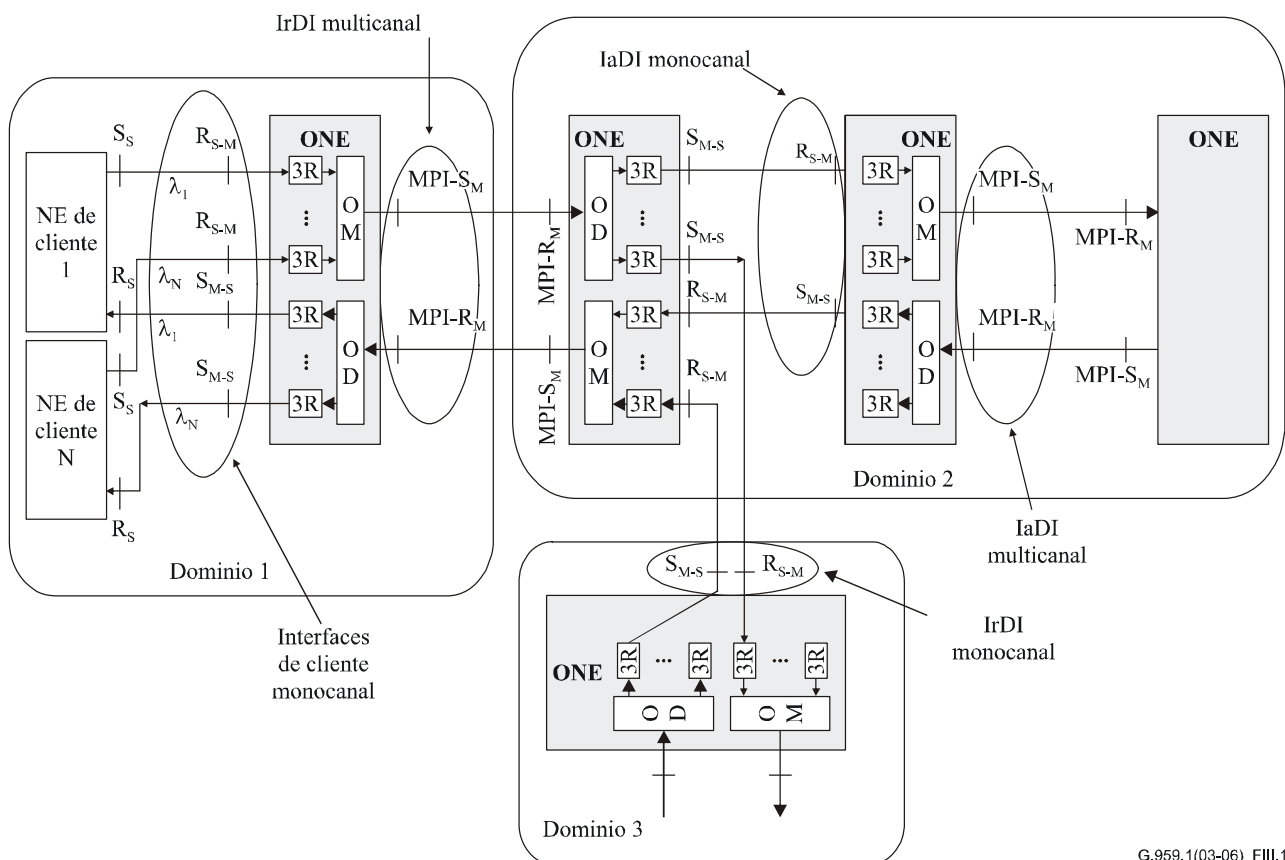
- 1) interfaces multicanal exclusivamente;
- 2) interfaces monocanal exclusivamente; o
- 3) cualquier combinación de interfaces monocanal y multicanal (o sea, los ONE que aparecen en la figura II.1 no suponen ninguna configuración específica).

### Apéndice III

#### Clarificación del uso de puntos de referencia en la IrDI y la IaDI

La figura III.1 proporciona una clarificación adicional de la aplicación de los puntos de referencia genéricos de la OTN especificados en el apéndice II.

Las redes ópticas sencillas pueden configurarse utilizando demultiplexores y multiplexores WDM conectados directamente formando un multiplexor de adición-sustracción óptico simple (OADM). Se interconectan vía interfaces monocanal. La figura III.1 muestra dicha configuración.



G.959.1(03-06)\_FIII.1

**Figura III.1/G.959.1 – Ejemplos de interfaces interdominios e intradominio multicanal y monocanal**

## Apéndice IV

### Consideraciones sobre la implementación de señales de gestión

La existencia de señales para gestionar las capas del canal óptico, de la sección múltiplex óptica y de la sección de transmisión óptica se ha definido para las IaDI de la OTN y está prevista para algunos IrDI futuras de la OTN. A continuación se exponen algunas consideraciones sobre la implementación física de dichas señales.

#### IV.1 Implementación de las señales de gestión del canal óptico

Puede ser necesario implementar señales de gestión del OCh asociadas, o no, al canal.

En la Rec. UIT-T G.709/Y.1331 se define una solución de "envoltura digital" para las señales de gestión asociadas al canal. Este método emplea una estructura de trama digital, que comprende octetos de tara, octetos de cabida útil y octetos de corrección de errores en recepción.

El transporte de la tara asociada al OCh por mecanismos (ópticos) no digitales, por ejemplo por modulación de subportadora, puede también ser apropiado para ciertas aplicaciones, y queda pendiente de estudio. Estas técnicas pueden introducir otras penalizaciones en el sistema.

El canal de supervisión óptico (OSC, *optical supervisory channel*) es la solución especificada en la Rec. UIT-T G.709/Y.1331 para implementar señales no asociadas al canal. Esto se trata más adelante en relación con la implementación de señales de gestión de sección múltiplex óptica y de sección de transmisión óptica.

La información de tara del OCh para cada canal óptico se origina y termina en la capa OCh de los elementos de red ópticos.

#### IV.2 Implementación de las señales de gestión de la sección múltiplex óptica y de la sección de transmisión óptica

El OSC es un canal independiente que transporta información de tara para la gestión de la red. Los mensajes de gestión para las capas OMS y OTS, junto con los mensajes de gestión para la capa OCh que son transportados por una implementación no asociada al canal, comparten un OSC. Para supervisar la señal multicanal en las capas OTS y OMS de los elementos de red ópticos, puede proporcionarse un OSC para cada sentido de transmisión. Un OSC se origina y termina en cada elemento de red óptico.

Actualmente, la longitud de onda preferida para el OSC se indica en la Rec. UIT-T G.692. Deben tenerse en cuenta la plena compatibilidad transversal y la redundancia de códigos de aplicación para especificar la longitud de onda del OSC en el futuro.

## Apéndice V

### Nomenclatura para la clase más alta de señal afluente óptica soportada

En 5.3, la notación del código de aplicación se construye del siguiente modo:

PnWx-ytz

En esta estructura y indica la clase más alta de señal afluente óptica soportada:

- **1** indica en NRZ 2,5G;
- **2** indica en NRZ 10G;
- **3** indica en NRZ 40G;
- **7** indica RZ 40G.

La selección de 7 para RZ 40G obedece a que 4 se reserva para la clase de señal afluente óptica NRZ 160G por lo que las clases de señal RZ comenzarían con y = 5. La asignación de números se muestra en el cuadro V.1

**Cuadro V.1/G.959.1 – Valores asignados a y en la nomenclatura del código de aplicación**

Velocidad de la señal de afluente óptica	NRZ	RZ
1,25G	0	
2,5G	1	5
10G	2	6
40G	3	7
160G	4	8

## Apéndice VI

### Aplicaciones de la clase de señal afluente óptica RZ 40G

Cabe esperar que una futura revisión de la presente Recomendación contenga especificaciones para IrDI monocanal con velocidad binaria/codificación de línea de RZ 40G. Se prevé que estas aplicaciones exhiban una tolerancia mayor a la PMD que la mostrada por las aplicaciones con velocidad binaria/codificación de línea de NRZ 40G.

Las características de estas aplicaciones están en estudio para tres ciclos de trabajo RZ diferentes: 33%, 50% y 67%.

- Se prevé que la tolerancia a la PMD de primer orden sea máxima para el 33% y mínima para el 67%.
- No obstante, la tolerancia a la PMD de segundo orden se espera esté ordenada en sentido inverso, con máxima tolerancia para el 67% y mínima para el 33% debido, a la mayor anchura de su espectro óptico.
- La cantidad de PMD de segundo orden que cada ciclo de trabajo puede tolerar para una determinada penalización depende de la dispersión cromática residual en el detector (punto  $R_D$  de la figura 7-3) y ésta, a su vez, depende de la máxima desviación de la



dispersión cromática del enlace y del diseño de la caja negra del receptor. Dado que la máxima desviación de la dispersión cromática es un factor crítico en el diseño de los enlaces a estas velocidades, en las aplicaciones que no contengan compensación adaptable de la dispersión este parámetro se establece por ingeniería conjunta entre el proveedor del enlace y el fabricante del sistema.

La base para esta futura aplicación se prevé la constituya la lista de parámetros y valores del cuadro VI.1.

**Cuadro VI.1/G.959.1 – Valores y parámetros de la IrDI monocanal para la clase de señal afluente óptica RZ 40G**

Parámetro	Unidades	P1L1-7A2 P1L1-7A3 P1L1-7A5
<b>Información general</b>		
Máximo número de canales	–	1
Velocidad binaria/codificación de línea en las señales afluentes ópticas	–	RZ 40G
Máxima tasa de errores en los bits	–	$10^{-12}$
Tipo de fibra	–	G.652, G.653, G.655
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>		
Frecuencia central	THz	192,1
Máxima desviación de la frecuencia central	GHz	40
Tipo de fuente	–	SLM
Máximo ciclo de trabajo	%	En estudio
Mínimo ciclo de trabajo	%	En estudio
Máxima densidad espectral de potencia	mW/10 MHz	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	35
Máxima potencia media de salida	dBm	+12
Mínima potencia media de salida	dBm	+9
Mínima relación de extinción	dB	10
Plantilla del diagrama en ojo	–	RZ 40G
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>		
Atenuación máxima	dB	22
Atenuación mínima	dB	11
Máxima dispersión cromática	ps/nm	1600 para G.652, 280 para G.653 (nota 1), 800 para G.655 (nota 1)
Máxima desviación de la dispersión cromática	ps/nm	(Nota 2)
Mínima atenuación de retorno óptico en MPI-S	dB	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	En estudio

**Cuadro VI.1/G.959.1 – Valores y parámetros de la IrDI monocanal para la clase de señal afluente óptica RZ 40G**

Parámetro	Unidades	P1L1-7A2 P1L1-7A3 P1L1-7A5
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>		
Máxima potencia media de entrada	dBm	+1
Sensibilidad mínima	dBm	-16
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	3 (Nota 1)
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-27
<p>NOTA 1 – La penalización del trayecto en los enlaces que utilizan fibras G.653 o G.655 puede resultar excesiva debido a los efectos no lineales, dependiendo de la distribución exacta de la dispersión en el enlace.</p> <p>NOTA 2 – Este valor debe acordarse por ingeniería conjunta entre el proveedor del enlace y el fabricante del sistema.</p>		

## Apéndice VII

### Aplicaciones que utilizan compensación electrónica de la distorsión

Se espera que en una futura revisión de la presente Recomendación se presenten los valores de los parámetros de las aplicaciones P1L1-2D2E, 1L1-2D2FE, P1V1-2B2E y 1V1-2B2FE del cuadro 8-10. Se requiere un parámetro adicional para estos códigos de aplicación a fin de garantizar que las características espectrales del transmisor sean adecuadas. Este parámetro se encuentra en estudio. En el cuadro VII.1 figura un conjunto inicial de los otros valores de los parámetros para estas aplicaciones.

**Cuadro VII.1/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para aplicaciones de larga y muy larga distancia con señales afluentes ópticas de la clase NRZ 10G, utilizando compensación electrónica de la dispersión**

Parámetro	Unidades	P1L1-2D2E	1L1-2D2FE	P1V1-2B2E	1V1-2B2FE
<b>Información general</b>					
Máximo número de canales	–	1	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de las señales afluentes ópticas	–	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC	NRZ 10G	NRZ OTU2 con FEC
Máxima tasa de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.652	G.652
<b>Interfaz en el punto MPI-S</b>					
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1530-1565
Tipo de fuente	–	SLM	SLM	SLM	SLM
Máxima densidad espectral de potencia	mW/ 10 MHz	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30	30	30	30
Máxima potencia media de salida	dBm	+4	+4	+14	+14
Mínima potencia media de salida	dBm	0	-1	+11	+11
Mínima relación de extinción	dB	9	8,2	8,2	8,2
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 nm	NRZ 10G región de 1550 m
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S al MPI-R</b>					
Atenuación máxima	dB	22	22	33	33
Atenuación mínima	dB	11	11	21	21
Máxima dispersión cromática	ps/nm	1600	1600	2400	2400
Mínima atenuación óptica de retorno en MPI-S	dB	24	24	24	24
Máxima reflectancia discreta entre MPI-S y MPI-R	dB	-27	-27	-27	-27
Máximo retardo diferencial de grupo	ps	30	30	30	30
<b>Interfaz en el punto MPI-R</b>					
Máxima potencia media de entrada	dBm	-7	-7	-7	-7
Sensibilidad mínima	dBm	-24	-25	-24	-24
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	2	2	2	2
Máxima reflectancia del elemento de red óptica	dB	-27	-27	-27	-27





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	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, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación