

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.655

(03/2006)

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

Características de los medios de transmisión – Cables de
fibra óptica

**Características de fibras y cables ópticos
monomodo con dispersión desplazada no nula**

Recomendación UIT-T G.655

UIT-T



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
Generalidades	G.600–G.609
Cables de pares simétricos	G.610–G.619
Cables terrestres de pares coaxiales	G.620–G.629
Cables submarinos	G.630–G.649
Cables de fibra óptica	G.650–G.659
Características de los componentes y los subsistemas ópticos	G.660–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – 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 AL PROTOCOLO ETHERNET 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.655

Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula

Resumen

En esta Recomendación se describen las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra óptica monomodo cuyo coeficiente de dispersión cromática es, en valor absoluto, mayor que cero en la gama de longitudes de onda 1530 nm a 1565 nm. Esta dispersión reduce la aparición de efectos no lineales que puede ser especialmente perjudiciales para los sistemas que utilizan multiplexación por división en longitud de onda densa. Ésta es la última revisión de esta Recomendación publicada por primera vez en 1996, añadiéndose dos nuevas categorías de fibra en los cuadros D y E. Ambas categorías limitan el coeficiente de dispersión cromática mediante un par de curvas limitantes en función de la longitud de onda para la gama comprendida entre 1460 nm y 1625 nm. Aunque la dispersión puede cambiar de signo a longitudes de onda inferiores a 1530 nm, se ha querido incluir dichos valores de longitud de onda más bajos con objeto de proporcionar información para soportar aplicaciones de multiplexación por división aproximada en longitud de onda sin degradación no lineal significativa en los canales de 1471 nm y superiores. Estos cuadros se presentan para diferenciar las dos familias principales de fibras G.655 soportadas por diversos fabricantes. Los cuadros A, B y C no se han modificado. Los cuadros A y B no se incluyen en esta publicación, sino en la edición de 2003 de esta Recomendación.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.655 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.

- | | |
|---------|--|
| 1996 | Primera versión. |
| 10/2000 | Versión 2. En esta revisión se añadieron cuadros para los diferentes niveles de soporte del sistema. |
| 03/2003 | Versión 3. De conformidad con el acuerdo sobre las bandas espectrales, la descripción del límite superior de la banda L ha pasado de 16xx a 1625 nm. Se han cambiado los términos subcategoría básica y subcategoría por categoría básica y categoría. Se han añadido los requisitos PMD en todas las categorías y dos de ellas tienen un límite reducido (comparado con $0,5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$). En las pruebas de macroflexión el diámetro del mandril se ha reducido a un radio de 30 mm. Según lo anterior, esta Recomendación ha evolucionado considerablemente con el paso de los años; por ello se advierte al lector que para determinar las características de los productos ya instalados, utilice la versión adecuada, para lo cual deberá fijarse en el año de producción. En realidad, se espera que los productos sean conformes con la Recomendación que estaba en vigor cuando se fabricaron, y puede que no sean completamente conformes con las subsiguientes versiones de la Recomendación. |

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.

© UIT 2006

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

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	2
2.1 Referencias normativas	2
2.2 Referencias informativas	2
3 Términos y definiciones	3
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos	3
5 Características de la fibra.....	3
5.1 Diámetro del campo modal	3
5.2 Diámetro del revestimiento	3
5.3 Error de concentricidad del campo modal.....	3
5.4 No circularidad	4
5.5 Longitud de onda de corte	4
5.6 Pérdida por macroflexiones.....	4
5.7 Propiedades materiales de la fibra.....	5
5.8 Perfil del índice de refracción.....	5
5.9 Uniformidad longitudinal de la dispersión cromática	5
5.10 Coeficiente de dispersión cromática.....	5
6 Características del cable	6
6.1 Coeficiente de atenuación.....	6
6.2 Coeficiente de dispersión por modo de polarización (PMD)	7
7 Cuadros de valores recomendados.....	7
Apéndice I – Información de los atributos del enlace y de diseño del sistema.....	12
I.1 Atenuación.....	12
I.2 Dispersión cromática	12
I.3 Retardo diferencial de grupo (DGD).....	13
I.4 Coeficiente no lineal.....	13
I.5 Cuadros de valores típicos comunes.....	13
I.6 Ejemplos de implementación	14
I.7 Límites del coeficiente de dispersión cromática para los cuadros D y E	15
BIBLIOGRAFÍA	18

Recomendación UIT-T G.655

Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula

1 Alcance

En esta Recomendación se describe una fibra monomodo cuyo coeficiente de dispersión cromática (valor absoluto) es mayor que algún valor diferente de cero en la gama de longitudes de onda superiores a 1530 nm. Esta dispersión reduce la aparición de los efectos no lineales que pueden resultar especialmente perjudiciales para los sistemas que utilizan multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM, *dense wavelength division multiplexing*). Con longitudes de onda menores, el coeficiente de dispersión puede ser cero, si bien es posible especificar, para estas longitudes de onda, otros valores del mismo para soportar sistemas que usen multiplexación por división aproximada en longitud de onda (CWDM, *coarse wavelength division multiplexing*) sin degradación significativa causada por efectos no lineales.

Estas fibras se diseñaron inicialmente para su utilización en la gama de longitudes de onda comprendidas entre 1530 nm y 1565 nm. Se han añadido disposiciones para soportar la transmisión con longitudes de onda superiores, hasta 1625 nm, e inferiores, hasta 1460 nm.

En la cláusula 7, los cuadros D y E distinguen las dos familias principales de implementaciones de fibra G.655 soportadas por varios vendedores. Los cuadros A, B y C pueden usarse para definir otras implementaciones. Los cuadros A y B no se incluyen en esta Recomendación, pero sí en la edición de 2003 de esta Recomendación.

Los parámetros geométricos, ópticos, de transmisión y mecánicos se describen a continuación para tres categorías de atributos:

- los atributos de la fibra son aquellos que se mantienen en el cableado y la instalación;
- los atributos del cable, que son los recomendados para el suministro del cable;
- los atributos de enlace, que son las características de cables concatenados, y que describen los métodos de estimación de los parámetros de las interfaces del sistema basadas en medidas, modelado u otras consideraciones. Los atributos de enlace y de diseño del sistema se describen en el apéndice I.

Se pretende que esta Recomendación, y las diferentes categorías que aparecen en los cuadros de la cláusula 7, soporten los sistemas de las siguientes Recomendaciones afines:

- Rec. UIT-T G.691.
- Rec. UIT-T G.692.
- Rec. UIT-T G.693.
- Rec. UIT-T G.695.
- Rec. UIT-T G.696.1.
- Rec. UIT-T G.698.1.
- Rec. UIT-T G.957.
- Rec. UIT-T G.959.1.

En esta Recomendación se presenta una combinación de diseños de fibra que pueden cubrir un amplio espectro de aplicaciones. En el futuro se podrán realizar algunas modificaciones. Sin embargo, la compatibilidad en un mismo sistema de fibras de distintas características no ha sido aún probada, siendo en general cuestionable su utilización simultánea en un mismo sistema y debiendo ello ser objeto de un acuerdo entre el usuario y el fabricante.

El significado de los términos utilizados en esta Recomendación y las directrices que habrán de seguirse en la medición para la verificación de las diversas características son las incluidas en las Recs. UIT-T G.650.1 y G.650.2. Las características de esta fibra, incluidas las definiciones de los parámetros correspondientes, sus métodos de prueba y los valores pertinentes, se precisarán a medida que se avance en los estudios y se adquiera experiencia.

2 Referencias

2.1 Referencias normativas

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

- Recomendación UIT-T G.650.1 (2004), *Definiciones y métodos de prueba de los atributos lineales y determinísticos de fibras y cables monomodo.*
- Recomendación UIT-T G.650.2 (2005), *Definiciones y métodos de prueba de los atributos estadísticos y no lineales de fibras y cables monomodo.*

2.2 Referencias informativas

- Recomendación UIT-T G.663 (2000), *Aspectos relacionados con la aplicación de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos.*
- Recomendación UIT-T G.691 (2006), *Interfaces ópticas para 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 (2006), *Interfaces ópticas para sistemas de conexión local.*
- Recomendación UIT-T G.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.695 (2005), *Interfaces ópticas para aplicaciones de multiplexación por división aproximada en longitud de onda.*
- Recomendación UIT-T G.696.1 (2005), *Aplicaciones de la multiplexación por división en longitud de onda densa en el intradominio longitudinalmente compatibles.*
- Recomendación UIT-T G.698.1 (2005), *Aplicaciones de multiplexación por división en longitud de onda densa con interfaces ópticas monocanal.*
- Recomendación UIT-T G.957 (2006), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona.*
- Recomendación UIT-T G.959.1 (2006), *Interfaces de capa física de red de transporte óptica.*

3 Términos y definiciones

Para los fines de esta Recomendación, se aplican las definiciones contenidas en las Recs. UIT-T G.650.1 y G.650.2. Antes de evaluar su conformidad, los valores se redondean al número de dígitos que figuran en los cuadros de valores recomendados.

4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

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

A_{eff}	Área efectiva (<i>effective area</i>)
CWDM	Multiplexación por división aproximada en longitud de onda (<i>coarse wavelength division multiplexing</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>)
GPa	GigaPascal
PMD	Dispersión por modo de polarización (<i>polarization mode dispersion</i>)
PMD _Q	Parámetro estadístico para enlaces de tipo PMD (<i>statistical parameter for PMD link</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
TBD	Por determinar (<i>to be determined</i>)
WDM	Multiplexación por división en longitud de onda (<i>wavelength division multiplexing</i>)

5 Características de la fibra

En esta cláusula sólo se recomiendan las características de la fibra que proporcionan una mínima estructura de diseño esencial para su fabricación. Los cuadros de la cláusula 7 presentan rangos o límites de valores. De éstos, la longitud de onda de corte de la fibra cableada y la PMD pueden verse apreciablemente afectadas por la fabricación o la instalación del cable. En los demás casos, las características recomendadas se aplicarán igualmente a las fibras individuales, a las fibras incorporadas en un cable arrollado en un tambor, y a las fibras en cables instalados.

5.1 Diámetro del campo modal

El valor nominal del diámetro de campo modal y la tolerancia del mismo se especifican para 1550 nm. El valor nominal especificado debe encontrarse dentro de la gama de valores de la cláusula 7. La tolerancia especificada no debe exceder el valor especificado en la cláusula 7. La desviación respecto al valor nominal no debe exceder la tolerancia especificada.

5.2 Diámetro del revestimiento

El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125 µm. En la cláusula 7 se especifica asimismo una tolerancia que no debe ser superada. La desviación del revestimiento con respecto al valor nominal no debe exceder la tolerancia especificada.

5.3 Error de concentricidad del campo modal

El error de concentricidad no debe exceder del valor especificado en la cláusula 7.

5.4 No circularidad

5.4.1 No circularidad del campo modal

En la práctica, la no circularidad del campo modal de las fibras que tienen campos modales nominalmente circulares es lo suficientemente baja como para que la propagación y las uniones no se vean afectadas. En consecuencia, no se considera necesario recomendar un valor determinado de no circularidad del campo modal. En general, no es necesario medir la no circularidad del campo modal con fines de aceptación.

5.4.2 No circularidad del revestimiento

La no circularidad del revestimiento no debe exceder el valor especificado en la cláusula 7.

5.5 Longitud de onda de corte

Pueden distinguirse tres tipos útiles de longitudes de onda de corte:

- a) Longitud de onda de corte del cable, λ_{cc} .
- b) Longitud de onda de corte de la fibra, λ_c .
- c) Longitud de onda de corte del cable puente, λ_{cj} .

NOTA – Para algunas aplicaciones específicas de cables submarinos pueden ser necesarias otros valores de longitud de onda de corte.

La correlación de los valores medidos de λ_c , λ_{cc} y λ_{cj} depende del diseño específico de la fibra y del cable, así como de las condiciones de prueba. Aunque en general $\lambda_{cc} < \lambda_{cj} < \lambda_c$, no puede establecerse fácilmente una relación cuantitativa. Es de suma importancia garantizar la transmisión monomodo en el largo de cable mínimo entre uniones a la mínima longitud de onda de funcionamiento del sistema. Ello puede conseguirse de dos formas: recomendando que la longitud de onda de corte máxima λ_{cc} del cable compuesto de fibra óptica monomodo sea 1480 nm, o en el caso de puentes o cables de unión típicos, recomendando que la longitud de onda de corte del cable puente sea de 1480 nm, o en el peor caso de longitud y de flexiones de la fibra, recomendando que la longitud de onda de corte máxima de la fibra sea de 1470 nm.

La longitud de onda de corte del cable, λ_{cc} , deberá ser inferior al valor máximo especificado en la cláusula 7.

5.6 Pérdida por macroflexiones

La pérdida por macroflexiones varía con la longitud de onda, el radio de curvatura y el número de vueltas en el mandril con un radio especificado. Las pérdidas por macroflexión no deben exceder el valor máximo de la cláusula 7 para las longitudes de onda, el radio de curvatura y el número de vueltas especificados.

NOTA 1 – Una prueba de aptitud puede ser suficiente para comprobar que se cumple este requisito.

NOTA 2 – El número recomendado de vueltas corresponde al número aproximado de vueltas utilizadas en todos los empalmes de una sección de repetición típica. El radio recomendado es equivalente al mínimo radio de curvatura generalmente aceptado en el montaje a largo plazo de fibras en las instalaciones de sistemas reales, para evitar fallos por fatiga estática.

NOTA 3 – Se sugiere que si por razones de orden práctico se elige para la implementación un número de vueltas menor al recomendado, nunca se empleen menos de 40 vueltas, siendo entonces el incremento de la pérdida proporcionalmente menor.

NOTA 4 – La recomendación sobre la pérdida por macroflexión se refiere al montaje de las fibras en instalaciones reales de sistemas de fibras monomodo. La influencia de los radios de curvatura relacionados con el trenzado de fibras monomodo cableadas, sobre la característica de pérdida, se incluye en la especificación de pérdida de la fibra cableada.

NOTA 5 – Cuando se requieran pruebas de rutina, en lugar del valor recomendado, puede utilizarse un bucle de pequeño diámetro de una o varias vueltas al objeto de conseguir precisión y facilitar la medida. En este caso, el diámetro del bucle, el número de vueltas y la máxima pérdida admisible por flexión para la prueba de varias vueltas, debe elegirse de modo que corresponda con la prueba recomendada y la pérdida permitida.

5.7 Propiedades materiales de la fibra

5.7.1 Materiales de la fibra

Deben indicarse las sustancias que entran en la composición de las fibras.

NOTA – Debe procederse con cuidado al empalmar por fusión fibras de diferentes sustancias. Resultados provisionales de pruebas realizadas indican que pueden obtenerse características adecuadas de pérdida en los empalmes y de resistencia mecánica cuando se empalman fibras diferentes de alto contenido de sílice.

5.7.2 Materiales protectores

Deben indicarse las propiedades físicas y químicas del material utilizado para el recubrimiento primario de la fibra, y la mejor manera de retirarlo (si es necesario). En el caso de una fibra con una sola envoltura, se darán indicaciones similares.

5.7.3 Nivel de prueba de resistencia mecánica

El nivel de prueba de resistencia mecánica especificada, σ_p , no será inferior al valor mínimo especificado en la cláusula 7.

NOTA – Las definiciones de los parámetros mecánicos figuran en 3.2.3/G.650.1 y 5.6/G.650.1.

5.8 Perfil del índice de refracción

Generalmente no es necesario conocer el perfil del índice de refracción de la fibra.

5.9 Uniformidad longitudinal de la dispersión cromática

Queda en estudio.

NOTA – Para una longitud de onda específica, el valor absoluto local del coeficiente de dispersión puede variar respecto al valor medido en una sección de gran longitud. Si el valor disminuye hasta un valor pequeño a una longitud de onda próxima a una longitud de onda de funcionamiento de un sistema WDM, la mezcla de cuatro ondas puede inducir la propagación de potencia a otras longitudes de onda, incluyendo, pero no estando limitada a, otras longitudes de onda de funcionamiento. La magnitud de la potencia de la mezcla de cuatro ondas es función del valor absoluto del coeficiente de dispersión cromática, la pendiente de dispersión cromática, las longitudes de onda de funcionamiento, de la potencia óptica y la distancia a lo largo de la cual se produce la mezcla de cuatro ondas.

5.10 Coeficiente de dispersión cromática

El coeficiente de dispersión cromática, D , se especifica para una gama de longitudes de onda. La Rec. UIT-T G.650.1 proporciona los métodos de medida. Existen dos métodos para especificar los límites: el original, que es una especificación de tipo caja, y el nuevo, en el que los valores del coeficiente de dispersión están limitados por un par de curvas.

NOTA 1 – La uniformidad de la dispersión cromática debe ser coherente con el funcionamiento del sistema.

NOTA 2 – Los requisitos de la dispersión cromática obedecen al diseño del sistema WDM, que debe equilibrar la dispersión cromática de primer orden con diversos efectos no lineales, tales como el mezclado de cuatro ondas, la modulación de fase cruzada, la inestabilidad de la modulación, la dispersión Brillouin estimulada, y la formación de solitones (véase la Rec. UIT-T G.663). El efecto de la dispersión cromática es interactivo con la no linealidad de la fibra, y se define mediante el coeficiente de no linealidad.

NOTA 3 – No es necesario efectuar mediciones periódicas del coeficiente de dispersión cromática.

5.10.1 Forma de especificación original

Esta forma de especificación es aplicable al cuadro C de la cláusula 7, así como a los cuadros A y B correspondientes a la versión de 2003 de esta Recomendación.

El coeficiente de dispersión cromática, D , se especifica para una gama de longitudes de onda estableciendo un rango de valores absolutos permitidos para el mismo. El coeficiente de dispersión cromática no deberá cruzar el valor cero para la gama de longitudes de onda especificada. También se especifica el signo de la dispersión cromática. La forma de dicha especificación es la siguiente:

$$D_{\min} \leq |D(\lambda)| \leq D_{\max} \quad \text{para } \lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max}$$

donde:

$$0,1 \text{ ps/nm}\cdot\text{km} \leq D_{\min} \leq D_{\max} \leq 10,0 \text{ ps/nm}\cdot\text{km}$$

$$1530 \text{ nm} \leq \lambda_{\min} \leq \lambda_{\max} \leq 1565 \text{ nm}$$

$$D_{\max} \leq D_{\min} + 5,0 \text{ ps/nm}\cdot\text{km}$$

Los valores de D_{\min} , D_{\max} , λ_{\min} , λ_{\max} y el signo deben estar comprendidos en las gamas especificadas en la cláusula 7. En el apéndice I se presentan algunos ejemplos de implementación. La ampliación a longitudes de onda superiores a 1565 nm e inferiores a 1530 nm está en estudio.

NOTA 1 – D_{\min} no se produce necesariamente a λ_{\min} y D_{\max} no se produce necesariamente a λ_{\max} .

NOTA 2 – El signo de D no varía en la mencionada gama de longitudes de onda para una fibra dada, pero puede variar de una fibra a otra dentro de un sistema..

NOTA 3 – Puede ser necesario especificar el signo de D según el diseño del sistema y el tipo de transmisión.

5.10.2 Especificación basada en un par de curvas limitantes

Esta especificación se aplica a los cuadros D y E de la cláusula 7.

Para cada longitud de onda, λ , el coeficiente de dispersión cromática, $D(\lambda)$, se restringirá a una gama de valores asociados a dos curvas límites, $D_{\min}(\lambda)$ y $D_{\max}(\lambda)$, para una o varias gamas de longitud de onda especificadas en función de λ_{\min} y λ_{\max} .

Un conjunto de curvas ejemplo se representa simbólicamente como un par de líneas rectas:

$$D_{\min}(\lambda) = a_{\min} + b_{\min}(\lambda - 1460) \quad (\text{ps/nm}\cdot\text{km})$$

$$D_{\max}(\lambda) = a_{\max} + b_{\max}(\lambda - 1460) \quad (\text{ps/nm}\cdot\text{km})$$

$$D_{\min}(\lambda) \leq D(\lambda) \leq D_{\max}(\lambda) \quad (\text{ps/nm}\cdot\text{km})$$

Las curvas límite pueden variar de una longitud de onda a otra.

6 Características del cable

Dado que las características geométricas y ópticas de las fibras indicadas en la cláusula 5 se ven muy poco afectadas por el proceso de cableado, en esta cláusula se presentan recomendaciones principalmente relativas a las características de transmisión de los largos de fabricación cableados. Las condiciones ambientales y de prueba son de gran importancia y se describen en las directrices sobre métodos de prueba.

6.1 Coeficiente de atenuación

El coeficiente de atenuación se especifica con un valor máximo para una o más longitudes de onda en la región de 1550 nm. Los valores del coeficiente de atenuación de los cables de fibra óptica no deben exceder los valores especificados en la cláusula 7.

NOTA – El coeficiente de atenuación se puede calcular para todo un espectro de longitudes de onda, a partir de las mediciones de unas pocas (3 a 4) longitudes de onda predictoras. Este procedimiento se describe en 5.4.4/G.650.1. En el apéndice III/G.650.1 se da un ejemplo.

6.2 Coeficiente de dispersión por modo de polarización (PMD)

Cuando sea necesario, la dispersión por modo de polarización de la fibra cableada se especifica estadísticamente, y no de forma individual. Los requisitos se refieren sólo al aspecto del enlace calculado a partir de la información del cable. A continuación se describe la métrica de la especificación estadística. En CEI/TR 61282-3 se describen los métodos de cálculo que se resumen en el apéndice IV/G.650.2.

El fabricante debe proporcionar un valor de PMD de diseño del enlace, PMD_Q , que constituya el límite estadístico superior del coeficiente de PMD de los cables de fibra óptica concatenados en un posible enlace de M secciones de cable. El límite superior se define con respecto a un bajo nivel de probabilidad, Q , que es la probabilidad de que un valor del coeficiente de PMD concatenado sea mayor que PMD_Q . Para los valores de M y de Q especificados en la cláusula 7, el valor de PMD_Q no debe superar el coeficiente máximo de PMD especificado en la cláusula 7.

Las medidas y especificaciones relativas a fibras no cableadas son necesarias, pero no suficientes para garantizar la especificación de la fibra cableada. El valor máximo de diseño del enlace especificado para fibra no cableada será igual o inferior al especificado para fibra cableada. La relación entre los valores de PMD para fibra no cableada y para fibra cableada depende de los detalles de la construcción y del procesado del cable, así como de la condición del acoplamiento de modo de la fibra no cableada. En la Rec. UIT-T G.650.2 se propone el despliegue de un acoplamiento de modo bajo, lo que exige un enrollado de baja tensión en un carrete de gran diámetro para realizar mediciones de PMD en fibra no cableada.

Puede interpretarse que los límites de la distribución de los valores de los coeficientes de PMD son prácticamente equivalentes a los límites de la variación estadística del retardo diferencial de grupo (DGD), que varía aleatoriamente en función del tiempo y de la longitud de onda. Cuando se especifica la distribución del coeficiente de PMD para cables de fibra óptica, pueden determinarse límites equivalentes para la variación del DGD. En el apéndice I figuran la métrica y los valores de los límites de la distribución del DGD de enlace.

NOTA 1 – La especificación de PMD_Q se requeriría únicamente si los cables se utilizan para sistemas que posean la especificación de DGD máximo. Así, por ejemplo, la especificación de PMD_Q no se aplicaría a los sistemas propuestos en la Rec. UIT-T G.957.

NOTA 2 – El PMD_Q debe calcularse para varios tipos de cables, generalmente a través de valores de PMD muestreados y obtenidos a partir de cables o construcciones similares.

NOTA 3 – La especificación de PMD_Q no se debe aplicar a cables cortos, como los cables de conexión, de interior o de bajada.

7 Cuadros de valores recomendados

Los cuadros siguientes resumen los valores recomendados para una serie de categorías de fibras que satisfacen los objetivos de esta Recomendación. Estas categorías se distinguen principalmente por los requisitos PMD y las características de dispersión cromática. Véase el apéndice I para ampliar información sobre las distancias de transmisión y las velocidades binarias en relación con los requisitos PMD.

El cuadro 1, "G.655.A Atributos" y el cuadro 2, "G.655.B Atributos", aparecen en la versión 2003 de esta Recomendación.

El cuadro 3, "G.655.C Atributos", mantiene la especificación original "en tipo de caja" para el coeficiente de dispersión, el cual permite una referencia a las fibras con dispersión negativa que puedan adecuarse como parte de los enlaces de gestión de la dispersión, como los usados en

sistemas submarinos. Asimismo, soporta Recomendaciones de interfaz óptico, tales como las Recs. UIT-T G.691, G.959.1 y G.693. Para sistemas de DWDM, se soportan las separaciones de canal definidas en la Rec. UIT-T G.694.1, dependiendo de la dispersión mínima seleccionada. Los requisitos de PDM permiten el funcionamiento de los sistemas STM-64 hasta longitudes de 2000 km, dependiendo del resto de elementos del sistema.

El cuadro 4, "G.655.D Atributos", define los requisitos del coeficiente de dispersión cromática como un par de curvas limitantes en función de la longitud de onda para valores de ésta comprendidos entre 1460 nm y 1625 nm. Para longitudes de onda superiores a 1530 nm, la dispersión es positiva y de magnitud suficiente como para eliminar la mayoría de degradaciones no lineales, soportándose asimismo las aplicaciones mencionadas en el cuadro 3. Para longitudes de onda inferiores a 1530 nm, la dispersión cruza el valor cero, si bien la fibra puede utilizarse para soportar aplicaciones por CWDM en canales de 1471 nm y superiores.

El cuadro 5, "G.655.E Atributos", define los requisitos de la dispersión cromática de la misma manera que el cuadro 4, si bien posee valores más elevados que pueden ser importantes para algunos sistemas, por ejemplo para aquellos que presentan las menores separaciones de canal. Se soportan las aplicaciones mencionadas en el cuadro 3. Las fibras que cumplen dichos requisitos son positivas y distintas de cero para longitudes de onda superiores a 1460 nm.

NOTA – En muchas aplicaciones submarinas se pueden utilizar dichas fibras, consiguiéndose la total optimización en algunas de dichas aplicaciones mediante límites distintos de los aquí indicados. Un ejemplo podría ser permitir que la longitud de onda de corte del cable pueda tener valores tan altos como 1500 nm.

En el apéndice I se ilustran varios ejemplos de implementación que se diferencian por los valores de dispersión cromática, la pendiente de la dispersión y los distintos valores de coeficientes no lineales del enlace. Dichas opciones ilustran la posibilidad de establecer distintos equilibrios entre potencia, separación de canales, longitud del enlace, separación entre amplificadores y velocidad binaria.

Cuadro 3/G.655 – G.655.C Atributos

Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	8-11 μm
	Tolerancia	$\pm 0,7 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,8 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	2,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,50 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática Gama de longitudes de onda: 1530-1565 nm	λ_{min} y λ_{max}	1530 nm y 1565 nm
	Valor mínimo de D_{min}	1,0 ps/nm·km
	Valor máximo de D_{max}	10,0 ps/nm·km
	Signo	Positivo o negativo
	$D_{\text{max}} - D_{\text{min}}$	$\leq 5,0$ ps/nm·km
Coeficiente de dispersión cromática Gama de longitudes de onda: 1565-1625 nm	λ_{min} y λ_{max}	Debe determinarse
	Valor mínimo de D_{min}	Debe determinarse
	Valor máximo de D_{max}	Debe determinarse
	Signo	Positivo o negativo
Coeficiente de PMD de fibra no cableada	Máximo	(Véase la nota 1)
Atributos de cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTA 1 – Con arreglo a 6.2, se especifica un valor máximo de PMD_Q para fibra no cableada con objeto de soportar los requisitos primarios de PMD_Q del cable.</p> <p>NOTA 2 – El fabricante y el usuario podrán acordar valores de PMD_Q superiores (por ejemplo $\leq 0,5$ ps/$\sqrt{\text{km}}$) para aplicaciones específicas.</p>		

Cuadro 4/G.655 – G.655.D Atributos

Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	8-11 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm·km)	$D_{min}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{7,00}{90}(\lambda - 1460) - 4,20$
	$D_{min}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{2,97}{75}(\lambda - 1550) + 2,80$
	$D_{max}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{2,91}{90}(\lambda - 1460) + 3,29$
	$D_{max}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{5,06}{75}(\lambda - 1550) + 6,20$
Atributos de cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTA 1 – Con arreglo a 6.2, se especifica un valor máximo de PMD_Q para fibra no cableada con objeto de soportar los requisitos primarios de PMD_Q del cable.</p> <p>NOTA 2 – El fabricante y el usuario podrán acordar valores de PMD_Q superiores (por ejemplo $\leq 0,5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$) para aplicaciones específicas.</p>		

Cuadro 5/G.655 – G.655.E Atributos

Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	8-11 μm
	Tolerancia	± 0,6 μm
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μm
	Tolerancia	± 1 μm
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm·km)	$D_{min}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{5,42}{90}(\lambda - 1460) + 0,64$
	$D_{min}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{3,30}{75}(\lambda - 1550) + 6,06$
	$D_{max}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{4,65}{90}(\lambda - 1460) + 4,66$
	$D_{max}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{4,12}{75}(\lambda - 1550) + 9,31$
Atributos de cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	0,20 ps/√km
<p>NOTA 1 – Con arreglo a 6.2, se especifica un valor máximo de PMD_Q para fibra no cableada con objeto de soportar los requisitos primarios de PMD_Q del cable.</p> <p>NOTA 2 – El fabricante y el usuario podrán acordar valores de PMD_Q superiores (por ejemplo ≤ 0,5 ps/√km) para aplicaciones específicas.</p>		

Apéndice I

Información de los atributos del enlace y de diseño del sistema

Un enlace concatenado incluye generalmente largos de cables de fibra óptica de fabricación empalmados. Los requisitos aplicables a los largos de fabricación se indican en las cláusulas 5 y 6. Los parámetros de transmisión de enlaces concatenados deben tener en cuenta no sólo el comportamiento de los distintos largos del cable, sino también las estadísticas de la concatenación.

Las características de transmisión de los largos de fabricación de cable de fibra óptica tendrán una determinada distribución probabilística que hay que tener en cuenta para conseguir los diseños más económicos. Las cláusulas siguientes deben leerse teniendo presente la naturaleza estadística de los diversos parámetros.

Los atributos del enlace se ven afectados por factores ajenos al propio cable de fibra óptica, tales como los empalmes, los conectores y la instalación. Estos factores no pueden especificarse en esta Recomendación. A los efectos de la estimación de los valores de las características del enlace, en I.5 se presentan valores típicos de cables de fibra óptica. La cláusula I.6 contiene ejemplos de implementaciones en las que los valores típicos de la dispersión cromática varían de un ejemplo a otro. Los métodos de estimación de parámetros necesarios para el diseño del sistema están basados en medidas, en el modelado o en otras consideraciones.

I.1 Atenuación

La atenuación A de un enlace viene dada por:

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

donde:

α coeficiente de atenuación típico de los cables de fibra en un enlace

α_s atenuación media por empalme

x número de empalmes de un enlace

α_c atenuación media de los conectores de línea

y número de conectores de línea de un enlace (si se facilita)

L longitud del enlace

Debe preverse un margen adecuado para futuras modificaciones de la configuración del cable (empalmes suplementarios, largos de cable suplementarios, efectos del envejecimiento, variaciones de temperatura, etc.). La expresión anterior no incluye la pérdida de los conectores del equipo. Los valores típicos indicados en I.5 corresponden al coeficiente de atenuación de enlaces de fibra óptica. El presupuesto de atenuación utilizado en el diseño de un sistema real debe tener en cuenta las variaciones estadísticas de esos parámetros.

I.2 Dispersión cromática

La dispersión cromática, expresada en ps/nm, puede obtenerse de los coeficientes de dispersión cromática de los largos de fabricación, suponiendo una dependencia lineal con la longitud y respetando los signos de los coeficientes (véase 5.10).

Cuando estas fibras se utilizan para transmitir en la región de 1550 nm, a menudo se emplea alguna forma de compensación de la dispersión cromática. En este caso, en el diseño se utiliza la dispersión cromática media del enlace. La relación se describe en términos del coeficiente de dispersión cromática típico y del coeficiente de la pendiente de la dispersión a 1550 nm.

Los valores típicos del coeficiente de dispersión cromática, D_{1550} , y del coeficiente de pendiente de dispersión cromática, S_{1550} , a 1550 nm varían en función de la implementación. En la cláusula I.6 pueden encontrarse valores típicos. Estos valores, junto con la longitud del enlace, L_{Link} , pueden ser utilizados para calcular la dispersión típica que debe utilizarse en el diseño de enlaces ópticos.

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link} [D_{1550} + S_{1550}(\lambda - 1550)] \quad (ps / nm)$$

I.3 Retardo diferencial de grupo (DGD)

El retardo diferencial de grupo es la diferencia que se produce entre los instantes de llegada de dos modos de polarización para una longitud de onda y un instante determinados. En el caso de un enlace con un coeficiente de PMD específico, el DGD del enlace varía de forma aleatoria con el tiempo y la longitud de onda como una distribución de Maxwell que sólo contenga un único parámetro que sea el producto del coeficiente de PMD del enlace y de la raíz cuadrada de la longitud del mismo. Las degradaciones del sistema debidas al PMD para un instante y longitud de onda determinados, dependen del DGD para dicho instante y longitud de onda. Por lo tanto, se han desarrollado los medios necesarios para establecer límites útiles en la distribución del DGD, dado que éste se relaciona con la distribución del coeficiente de PMD del cable de fibra óptica y con sus límites, estando todo ello documentado en CEI/TR 61282-3. A continuación se describe la métrica de las limitaciones de la distribución de DGD.

- Longitud del enlace de referencia (L_{Ref} , *reference link length*): es la longitud máxima del enlace a la que se aplica la DGD máxima y su probabilidad. Para enlaces más largos, se multiplica el máximo de DGD por la raíz cuadrada de la relación entre la longitud real y la longitud de referencia.
- Longitud de cable máxima típica (L_{Cab} , *typical maximum cable length*): los valores máximos están asegurados cuando los cables individuales típicos de la concatenación o las longitudes de los cables que se miden para determinar la distribución del coeficiente de PMD son menores que este valor.
- DGD máxima, $DGD_{máx}$: valor de DGD que puede utilizarse considerando el diseño del sistema óptico.
- Probabilidad máxima, P_F : probabilidad de que el valor DGD real supere $DGD_{máx}$.

NOTA – La determinación de la contribución de componentes distintos al cable de fibra óptica queda fuera del ámbito de esta Recomendación, pero se analiza en CEI/TR 61282-3.

I.4 Coeficiente no lineal

El efecto de la dispersión cromática interactúa con el coeficiente no lineal, n_2/A_{eff} , en relación con las degradaciones del sistema inducidas por efectos ópticos no lineales (véanse las Recs. UIT-T G.663 y G.650.2). Los valores típicos dependen de la implementación. Los métodos de prueba para un coeficiente no lineal quedan en estudio.

I.5 Cuadros de valores típicos comunes

Los valores de los cuadros I.1 y I.2 son representativos de cables de fibra óptica concatenados conforme a las cláusulas I.1 y I.3, respectivamente. Se pretende que los valores del DGD máximo inducido en la fibra indicados en el cuadro I.2 sirvan de orientación con respecto a los requisitos de los demás elementos ópticos que pueden formar parte del enlace.

Cuadro I.1/G.655 – Valores de atenuación del enlace

Coefficiente de atenuación	Región de la longitud de onda	Valor típico del enlace
(Nota)	1550 nm-1565 nm	0,275 dB/km
	1565 nm-1625 nm	0,35 dB/km

NOTA – El valor típico del enlace corresponde al coeficiente de atenuación del enlace utilizado en las Recs. UIT-T G.957 y G.692.

Cuadro I.2/G.655 – Retardo diferencial de grupo

PMD _Q máximo (ps/√km)	Longitud del enlace (km)	DGD máximo inducido en la fibra (ps)	Velocidades binarias del canal
No especificado			Hasta 2,5 Gbit/s
0,5	400	25,0	10 Gbit/s
	40	19,0 (nota 1)	10 Gbit/s
	2	7,5	40 Gbit/s
0,20	3000	19,0	10 Gbit/s
	80	7,0	40 Gbit/s
0,10	> 4000	12,0	10 Gbit/s
	400	5,0	40 Gbit/s

NOTA 1 – Este valor también es aplicable a los sistemas Ethernet de 10 Gigabit.
 NOTA 2 – La longitud de la sección de cable es de 10 km, salvo para el enlace 0,10 ps/√km, > 4000 km, para el cual es de 25 km, el nivel de probabilidad es de $6,5 \cdot 10^{-8}$.

I.6 Ejemplos de implementación

Se incluyen a continuación ejemplos de implementaciones diseñadas para optimizar varios de los posibles balances entre potencia, separación de canales, separación de amplificadores, longitud del enlace y velocidad binaria. Todos estos ejemplos son básicamente variaciones de la dispersión cromática, la pendiente de dispersión y el coeficiente no lineal permitidos. Sólo se trata de ejemplos, que no impiden que existan otras implementaciones. Los identificadores de los ejemplos son arbitrarios y no reflejan prioridad alguna.

Cuadro I.3/G.655 – Ejemplos para $\lambda_{\min} = 1530$ nm y $\lambda_{\max} = 1565$ nm

ID del ejemplo	D_{\min} (ps/nm·km)	D_{\max} ps/nm·km)	Signo	Coefficiente de dispersión típico a 1550 nm (ps/nm·km)	Pendiente de dispersión típica a 1550 nm (ps/nm ² ·km)
A	1,3	5,8	+	3,7	0,070
B	2,0	6,0	+	4,2	0,085
C	2,6	6,0	+	4,4	0,045
D	5,0	10,0	+	8,0	0,058
E	1,0	6,0	-	-2,3	0,065

NOTA – Se están estudiando los valores de dispersión cromática en la región de longitudes de onda de 1600 nm.

I.7 Límites del coeficiente de dispersión cromática para los cuadros D y E

Las ecuaciones que limitan el coeficiente de dispersión cromática en función de la longitud de onda se basan en dos análisis, uno realizado para las fibras representadas en el cuadro D y otro para las fibras representadas en el cuadro E, con cinco y cuatro fabricantes respectivamente. Cada uno de ellos proporcionó una desviación media y típica en función de la longitud de onda para valores de ésta comprendidos entre 1460 y 1625 nm, con incrementos de 5 nm, habiéndose calculado, para la longitud de onda y el fabricante, tres desviaciones típicas por encima y por debajo de la media. Posteriormente se determinó el mínimo y el máximo con respecto a los fabricantes. Los resultados se proporcionaron mediante un ajuste de ranura lineal con puntos de corte en 1550 nm, para minimizar la suma de los valores absolutos de la diferencia y mantener el principio de inclusión de todos los datos dentro de la envolvente.

Los resultados de los cuadros D y E se muestran en las figuras I.1 y I.2, respectivamente. Las líneas continuas son los límites de la cláusula 7. El resto de los datos representan los resultados del análisis.

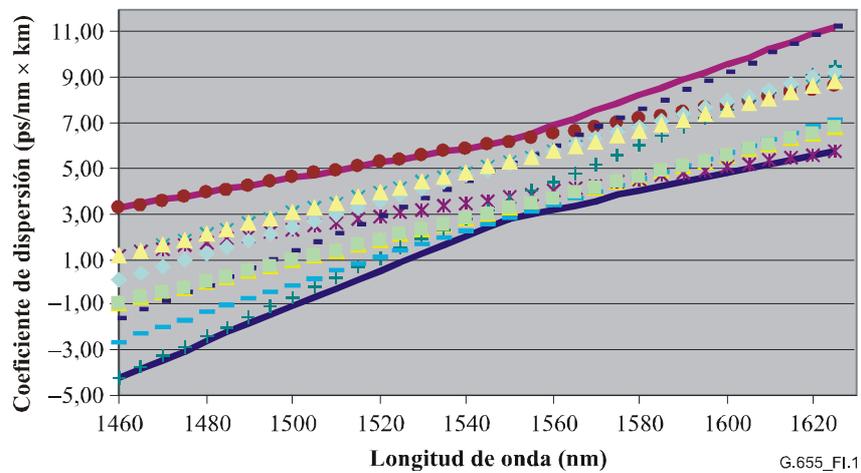


Figura I.1/G.655 – Límites de dispersión de la fibra del cuadro D

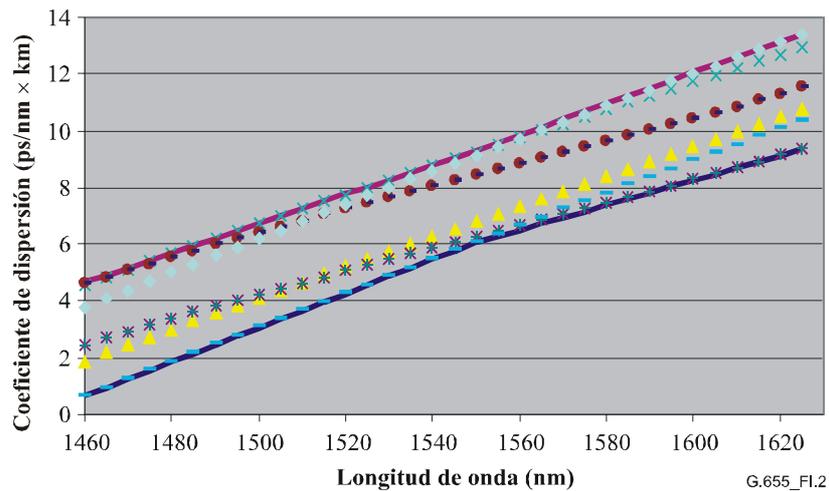


Figura I.2/G.655 – Límites de dispersión de la fibra del cuadro E

Los límites de la cláusula 7 son para fibras individuales. La gama de valores asociados a los enlaces que son una concatenación de fibras individuales puede ser menor. Para las fibras de tipo G.652, cuyos valores varían poco en función del fabricante, se puede usar la media más una desviación típica, tal y como se describe en el Suplemento 39 a las Recomendaciones UIT-T de la serie G, a efectos de limitación del sistema.

La metodología detallada anteriormente se aplicó para determinar las curvas limitantes que incluyen todos los resultados referidos a la media con una desviación típica por encima o por debajo de la misma. Las figuras I.3 y I.4 muestran gráficamente dichos resultados, incluyendo asimismo a título comparativo los datos referidos a tres desviaciones típicas por encima o por debajo de la media. Las ecuaciones que delimitan los resultados del análisis de una desviación típica por encima o por debajo de la media se proporcionan en los cuadros I.4 y I.5.

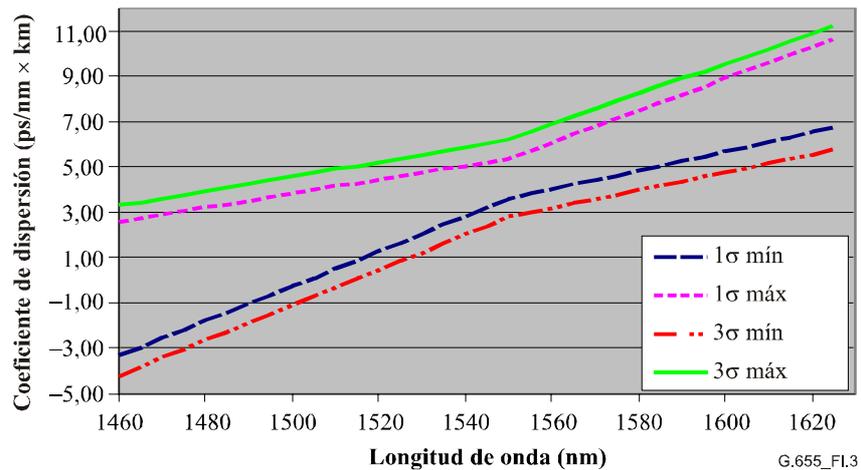


Figura I.3/G.655 – Comparación de los límites de la fibra del cuadro D

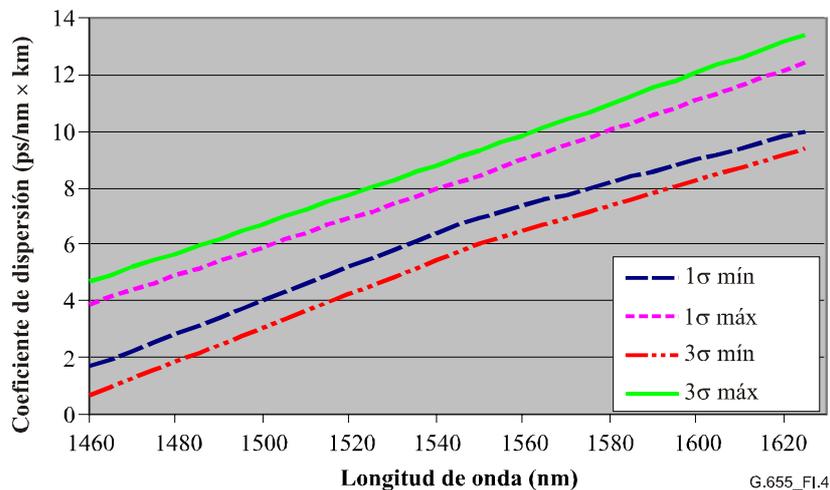


Figura I.4/G.655 – Comparación de los límites de la fibra del cuadro E

Cuadro I.4/G.655 – Fibra del cuadro D ± límites de una desviación típica

Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm·km)	$D_{min}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{6,94}{90}(\lambda-1460)-3,34$
	$D_{min}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{3,13}{75}(\lambda-1550)+3,60$
	$D_{max}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{2,78}{90}(\lambda-1460)+2,60$
	$D_{max}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{5,28}{75}(\lambda-1550)+5,38$

Cuadro I.5/G.655 – Fibra del cuadro E ± límites de una desviación típica

Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm·km)	$D_{min}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{5,28}{90}(\lambda-1460)+1,68$
	$D_{min}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{3,05}{75}(\lambda-1550)+6,96$
	$D_{max}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{4,56}{90}(\lambda-1460)+3,89$
	$D_{max}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{3,96}{75}(\lambda-1550)+8,45$

BIBLIOGRAFÍA

- CEI/TR 61282-3 (2002), *Fibre optic communication design guides – Part 3: Calculation of polarization mode dispersion.*

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
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	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