



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**L.10**

(12/2002)

SERIE L: CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y  
PROTECCIÓN DE LOS CABLES Y OTROS  
ELEMENTOS DE PLANTA EXTERIOR

---

**Cables de fibra óptica para aplicaciones en  
conductos y galerías**

Recomendación UIT-T L.10

---



## **Recomendación UIT-T L.10**

### **Cables de fibra óptica para aplicaciones en conductos y galerías**

#### **Resumen**

Esta Recomendación describe las características, la construcción y los métodos de prueba de los cables de fibra óptica para aplicaciones en conductos y galerías. En primer lugar, se describen las características que debe poseer el cable para que la calidad de funcionamiento de la fibra óptica sea suficiente. Por otra parte, se describe el método para determinar si el cable posee esas características. Las condiciones necesarias pueden ser diferentes según el entorno de instalación. A esos efectos, el usuario y el proveedor deben acatar precisamente las condiciones de experimentación adecuadas al entorno de utilización del cable.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T L.10, revisada por la Comisión de Estudio 6 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 22 de diciembre de 2002.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

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

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Objeto .....	1
2 Referencias .....	1
2.1 Referencias normativas .....	1
2.2 Referencias informativas .....	2
3 Términos y definiciones .....	2
4 Abreviaturas.....	2
5 Características de las fibras ópticas y los cables de fibra óptica .....	2
5.1 Características de las fibras ópticas .....	2
5.2 Características mecánicas .....	3
5.3 Condiciones ambientales .....	4
5.4 Seguridad contra incendio .....	5
6 Construcción de los cables.....	5
6.1 Recubrimientos de las fibras .....	5
6.2 Elementos del cable .....	6
6.3 Cubierta .....	7
6.4 Armadura .....	8
6.5 Identificación de los cables .....	8
7 Métodos de prueba.....	8
7.1 Métodos de prueba para los elementos del cable .....	8
7.2 Métodos de prueba de las características mecánicas del cable.....	9
7.3 Métodos de prueba de las características ambientales .....	11



## Recomendación UIT-T L.10

### Cables de fibra óptica para aplicaciones en conductos y galerías

#### 1 Objeto

Esta Recomendación:

- describe los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual y los cables de fibra óptica monomodo utilizados en las redes de telecomunicación, instalados en conductos y galerías;
- trata de las características mecánicas y ambientales de los mencionados cables de fibra óptica. Las características geométricas y de transmisión, así como los métodos de prueba correspondientes, deben ajustarse a las Recomendaciones UIT-T G.651, G.652, G.653, G.654 y G.655 que especifican los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual y de fibra óptica monomodo, respectivamente;
- contiene información fundamental sobre las características mecánicas y ambientales de los cables de fibra óptica;
- precisa que algunos cables de fibra óptica pueden contener elementos metálicos, por lo que debe tenerse en cuenta el Manual UIT-T *Tecnologías de planta exterior para redes públicas* (véase la Rec. UIT-T L.1) y otras Recomendaciones de la serie L;
- recomienda que los cables de fibra óptica estén provistos de obturación de extremo y protección durante su entrega y almacenamiento, tal como se acostumbra para los cables de conductores metálicos. Si se han instalado componentes de empalme en la fábrica, deben protegerse de manera adecuada;
- recomienda que, si se requiere, se instalen en el extremo del cable dispositivos de arrastre.

#### 2 Referencias

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

##### 2.1 Referencias normativas

- [1] Recomendación UIT-T G.650.1 (2002), *Definiciones y métodos de prueba de los atributos lineales y determinísticos de fibras y cables monomodo.*
- [2] Recomendación UIT-T G.650.2 (2002), *Definiciones y métodos de prueba de los atributos estadísticos y no lineales de fibras y cables monomodo.*
- [3] Recomendación UIT-T G.651 (1998), *Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125  $\mu\text{m}$ .*
- [4] Recomendación UIT-T G.652 (2000), *Características de un cable de fibra óptica monomodo.*
- [5] Recomendación UIT-T G.653 (2000), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada.*

- [6] Recomendación UIT-T G.654 (2002), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado*.
- [7] Recomendación UIT-T G.655 (2000), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula*.
- [8] Recomendación UIT-T K.25 (2000), *Protección de los cables de fibra óptica*.
- [9] Recomendación UIT-T K.29 (1992), *Sistema de protección coordinada para cables de telecomunicación subterráneos*.
- [10] Recomendación UIT-T K.47 (2000), *Protección de las líneas de telecomunicación que utilizan conductores metálicos contra las descargas directas de rayos*.
- [11] Recomendación UIT-T L.1 (1988), *Construcción, instalación y protección de los cables de telecomunicación en redes públicas*.
- [12] Recomendación UIT-T L.46 (2000), *Protección de los cables y las plantas de telecomunicaciones contra los ataques biológicos*.
- [13] CEI 60793-1:2001, *Optical fibres – Part 1: Measurement methods and procedures*.
- [14] CEI 60793-2:2001, *Optical fibres – Part 2: Product specifications*.
- [15] CEI 60794-1-1:2001, *Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General*
- [16] CEI 60794-1-2:1999, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*.
- [17] CEI 60794-3:2001, *Optical fibre cables – Part 3: Sectional specification – Outdoor cables*.
- [18] CEI 60189:1986, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath. Part 1: General test and measuring methods*.

## **2.2 Referencias informativas**

- [1] Manual UIT-T, *Construcción, instalación, empalme y protección de cables de fibra óptica*, UIT, Ginebra, 1994.
- [2] CEI 60708-1:1981, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath. Part 1: General design details and requirements*.

## **3 Términos y definiciones**

En esta Recomendación se utilizan las definiciones de las Recomendaciones UIT-T G.650.1, G.650.2 y G.651.

## **4 Abreviaturas**

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

- SZ Trenzado de inversión alternada (*reverse oscillating strandig*)
- UV Rayo ultravioleta (*ultraviolet ray*)

## **5 Características de las fibras ópticas y los cables de fibra óptica**

### **5.1 Características de las fibras ópticas**

Se deben utilizar las fibras ópticas que se describen en las Recomendaciones UIT-T G.651, G.652, G.653, G.654 o G.655.

### **5.1.1 Características de transmisión**

Las características de transmisión típicas de cada fibra óptica se describen en la Recomendación correspondiente. Salvo que los usuarios de esta Recomendación tengan una especificación particular, esos valores se aplican para la fibra óptica cableada.

### **5.1.2 Microflexión de las fibras**

Se llama microflexión a un curvado acusado de una fibra óptica que provoca un desplazamiento axial local de unas cuantas micras en pequeñas distancias a causa de fuerzas laterales localizadas aplicadas a lo largo de la fibra. Puede deberse a las deformaciones a que se someten las fibras durante la fabricación e instalación, y también a las variaciones de las dimensiones de los materiales del cable que resultan de los cambios de temperatura durante la explotación.

Las microflexiones pueden agravar las pérdidas ópticas. A fin de reducir la pérdida por microflexión, debe eliminarse todo esfuerzo mecánico aplicado aleatoriamente a lo largo del eje de la fibra durante el proceso de incorporación de la misma en el cable, así como durante y después de la instalación del cable.

### **5.1.3 Macroflexión de las fibras**

La macroflexión es la curvatura resultante en una fibra óptica después de la fabricación e instalación del cable.

La macroflexión puede agravar la pérdida óptica, que es más notoria si el radio de curvatura es demasiado pequeño.

## **5.2 Características mecánicas**

### **5.2.1 Flexión**

Las condiciones dinámicas que se presentan en el curso de su instalación someten la fibra a ciertos esfuerzos debidos a la tensión (mecánica) y al curvado del cable. Los elementos de resistencia mecánica del cable y el radio de curvatura de instalación deben seleccionarse de modo que limiten este esfuerzo dinámico combinado. Si en una instalación de cable deben quedar algunas curvaturas, su radio deberá ser lo suficientemente grande como para que la pérdida por macroflexión o la deformación de larga duración que limita la vida útil de la fibra se mantengan dentro de límites admisibles.

### **5.2.2 Resistencia a la tracción**

El cable de fibra óptica está sometido a una carga mecánica de corta duración durante la fabricación y la instalación, y podrá estar sometido a una carga mecánica estática continua y/o cíclica durante la explotación (por ejemplo, variación de la temperatura). Las variaciones de tensión del cable producidas por una diversidad de factores que aparecen durante la vida útil del cable pueden ocasionar movimientos diferenciales de sus componentes. Es necesario tener en cuenta esos factores cuando se diseña el cable. Un esfuerzo de tracción demasiado alto aumenta la pérdida óptica del cable y puede provocar mayores esfuerzos residuales incrementados en la fibra, si el cable no puede distenderse. Para evitar esta pérdida suplementaria, deberá respetarse el valor máximo de la resistencia a la tracción determinado por la construcción del cable, y especialmente el diseño del elemento de resistencia mecánica.

NOTA – Cuando el cable está sometido a una carga permanente durante su explotación, es preferible que la fibra no se vea sometida a esfuerzos adicionales.

### **5.2.3 Aplastamiento e impacto**

El cable puede ser sometido a aplastamiento e impacto tanto durante su instalación como durante su explotación.

El aplastamiento y los impactos pueden incrementar la pérdida óptica (de manera permanente o durante el tiempo de aplicación del esfuerzo) y un esfuerzo excesivo puede provocar la rotura de la fibra.

#### **5.2.4 Torsión**

En las condiciones dinámicas que se presentan durante la instalación y la explotación, el cable puede verse sometido a torsiones que originan esfuerzos residuales de las fibras y/o daños de la cubierta. En este caso, el diseño del cable debe admitir un número determinado de torsiones por unidad de longitud sin que se incremente la pérdida de la fibra ni se dañe la cubierta.

### **5.3 Condiciones ambientales**

#### **5.3.1 Hidrógeno**

Donde hay humedad y elementos metálicos se puede producir hidrógeno gaseoso. El hidrógeno puede difundirse en el vidrio de sílice e incrementar la pérdida óptica. Se recomienda que la concentración de hidrógeno en el cable, debida a sus componentes, se mantenga lo suficientemente baja para garantizar que la mayor pérdida óptica a largo plazo se mantendrá dentro de límites admisibles. El método para estimar la concentración de hidrógeno en los cables ópticos figura en la Rec. UIT-T L.27.

Mediante una presurización dinámica de gas, el empleo de materiales absorbentes de hidrógeno, la selección y construcción cuidadosa del cable, se logrará que sea aceptable el aumento de la pérdida óptica del cable en explotación.

En el anexo D de la Publicación 60794-1-1 de la CEI puede encontrarse más información.

#### **5.3.2 Penetración de la humedad**

Cuando la humedad penetra a través de la cubierta del cable hasta el núcleo, se pierde resistencia a la tracción de la fibra y se agrava el riesgo de fallo estático. Para garantizar una duración satisfactoria del cable, debe limitarse la deformación de la fibra con el tiempo.

Para reducir la tasa de penetración de la humedad se utilizan diversos materiales como barreras. Si es necesario, la penetración de la humedad se reduce al mínimo por medio de una cinta metálica longitudinal superpuesta. Una barrera metálica continua es eficaz para eliminar la penetración de la humedad. En los cables sin elementos metálicos, el material de relleno es eficaz para impedir la propagación longitudinal del agua, pero no es un obstáculo significativo a la penetración radial de la humedad a través de la cubierta de plástico.

#### **5.3.3 Penetración de agua**

Cuando la cubierta del cable o un empalme están deteriorados, puede producirse una penetración longitudinal de agua hasta el núcleo o entre cubiertas. La penetración de agua produce un efecto similar al de la humedad. Es importante evitar o limitar al mínimo la penetración de agua en el cable. Se utilizarán varias técnicas para impedir la penetración longitudinal de agua en el cable por ejemplo rellenar completamente el núcleo del cable con un compuesto, utilizar bloques del agua separados o materiales hidroexpansibles (por ejemplo, cintas, mechas, etc.). En el caso de cables no rellenos, se pueden utilizar gases secos a presión.

#### **5.3.4 Descargas de rayos**

Los cables de fibra óptica que contienen elementos metálicos, por ejemplo los pares tradicionales de conductores de cobre o una cubierta metálica, pueden verse afectados por las descargas de rayos.

Para evitar o minimizar los daños causados por los rayos se deben tener en cuenta las Recomendaciones UIT-T K.25, K.29 y K.47.

### **5.3.5 Daños bióticos**

Las reducidas dimensiones de un cable de fibra óptica lo hace más vulnerable al ataque de los roedores. Cuando no se pueda evitar, ha de proveerse una protección adecuada y eficaz. La Rec. UIT-T L.46, "Protección de los cables y las plantas de telecomunicaciones contra las ataques biológicas", contiene más información al respecto.

Tanto las barreras metálicas (cinta de acero o armadura de alambre) como las no metálicas (por ejemplo, varillas de fibra de vidrio, cintas o hilos de vidrio, etc.), proporcionan una protección eficaz.

### **5.3.6 Vibraciones**

Los cables de fibra óptica instalados en puentes están sujetos a vibraciones de amplitudes relativamente grandes a diversas frecuencias (bajas), según la construcción del puente y el tipo y la densidad del tráfico. Los cables deben resistir estas vibraciones sin que se produzcan fallos ni degradaciones de la señal. No obstante, es necesario elegir cuidadosamente el método de instalación.

Los cables de fibra óptica subterráneos pueden estar expuestos a vibraciones debidas al tráfico, a los ferrocarriles, explosiones o martinetes para hincar pilotes. Los cables deben resistir las vibraciones generadas por estas actividades sin sufrir degradación.

Una rutina de vigilancia minuciosa permitirá identificar estos factores y determinar un trayecto que minimice este tipo de problemas.

### **5.3.7 Variaciones de temperatura**

Durante su vida útil, los cables pueden estar sometidos a grandes variaciones de temperatura. En estas condiciones, el incremento de la atenuación de las fibras no rebasará los límites especificados.

## **5.4 Seguridad contra incendio**

Se han producido cortes de comunicación en gran escala porque los cables se han quemado dentro de una galería.

Por consiguiente, en muchos países se exige que los cables de fibra óptica tendidos en galerías estén protegidos contra el fuego, de distintas maneras según el país. Los cables ópticos para galerías deberán cumplir con los reglamentos sobre seguridad contra incendio de cada país o empresa de telecomunicaciones.

## **6 Construcción de los cables**

### **6.1 Recubrimientos de las fibras**

#### **6.1.1 Recubrimiento primario**

La fibra de sílice tiene una resistencia mecánica intrínseca elevada, pero los defectos de superficie la reducen. Por esta razón, una vez estirada la fibra, hay que aplicarle inmediatamente un recubrimiento primario.

Las fibras ópticas deben ser verificadas. A fin de garantizar la fiabilidad a largo plazo en condiciones de servicio, se podrá especificar una prueba con un determinado esfuerzo, teniendo en cuenta el esfuerzo admisible y la vida útil requerida.

Para preparar los empalmes, debe ser posible retirar el recubrimiento primario sin dañar la fibra y sin utilizar materiales o métodos que se consideren arriesgados o peligrosos.

Para la composición del recubrimiento primario, material de color si es necesario, se tendrán en cuenta eventuales exigencias de los equipos locales de inyección de la luz y detección, que se utilicen para empalmar las fibras.

Las fibras con un recubrimiento primario deben ajustarse a las Recomendaciones UIT-T de la serie G.65x pertinentes.

### 6.1.2 Recubrimiento secundario

Si se utiliza un recubrimiento secundario ajustado de la fibra, es necesario que se cumpla lo siguiente:

- El recubrimiento se podrá retirar fácilmente para realizar los empalmes de la fibra.
- El diámetro nominal deberá estar comprendido entre 800  $\mu\text{m}$  y 900  $\mu\text{m}$ , previo acuerdo entre el usuario y el proveedor, con una tolerancia de  $\pm 50 \mu\text{m}$ . El defecto de concentricidad entre la fibra y el recubrimiento secundario no deberá superar los 75  $\mu\text{m}$ , salvo que el usuario y el proveedor hayan llegado a otro acuerdo.

NOTA 1 – Cuando se utiliza un recubrimiento secundario ajustado, puede resultar difícil utilizar equipo local de inyección de luz y de detección con los métodos de empalme de fibras.

NOTA 2 – El acoplamiento mecánico entre la fibra y el cable debe realizarse correctamente. Un acoplamiento muy débil puede producir un movimiento de la fibra durante la instalación, y un acoplamiento excesivo puede producir un esfuerzo demasiado elevado cuando se curva el cable.

### 6.1.3 Identificación de las fibras

Las fibras se podrán identificar fácilmente por su color y/o posición en el núcleo del cable. Si se distinguen por colores, deben utilizarse colores fácilmente distinguibles y que se mantengan incluso en presencia de otros materiales durante la vida útil del cable.

### 6.1.4 Facilidad para retirar el recubrimiento

Los revestimientos primario y secundario deben ser fáciles de retirar y no deben entorpecer el procedimiento de empalme o de ajuste de la fibra óptica a conectores ópticos.

## 6.2 Elementos del cable

Debe definirse precisamente la composición del núcleo del cable, en particular el número de fibras, su método de protección e identificación, la posición de los elementos de resistencia mecánica y los hilos o pares metálicos, en su caso.

### 6.2.1 Cintas de fibra óptica

Las cintas de fibra óptica se forman alineando fibras en una hilera y pueden ser de dos tipos según el método utilizado para unir las fibras ópticas. En las figuras 1 y 2 se representan respectivamente la cinta "de fibras unidas borde a borde" y la cinta "de fibras encapsuladas". En el primer tipo, las fibras ópticas se unen con un material adhesivo colocado entre ellas. En la cinta encapsulada, las fibras ópticas se unen por medio de un material de recubrimiento. En las cintas, las fibras ópticas deben permanecer paralelas y no cruzarse. Cada cinta de un cable se identifica ya sea por medio de una inscripción impresa o de un color determinado. Las cintas de fibra óptica se especifican en la Publicación 60794-3 de la CEI.

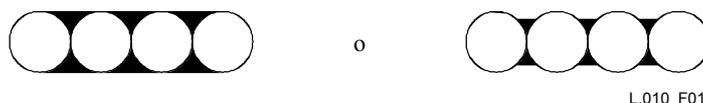


Figura 1/L.10 – Sección transversal de una cinta de fibras unidas por los bordes



L.010\_F02

**Figura 2/L.10 – Sección transversal de una cinta de fibras encapsuladas**

### **6.2.2 Núcleo ranurado**

A fin de evitar la presión directa ejercida desde fuera del cable en las fibras ópticas, las fibras y las cintas se colocan en ranuras. Habitualmente son ranuras helicoidales o de forma SZ sobre una varilla cilíndrica. En general, el núcleo ranurado contiene un elemento resistente (metálico o no) que estará firmemente adherido a dicho núcleo para garantizar la estabilidad de la temperatura y evitar su separación cuando se aplique una fuerza de tracción durante la instalación. Las ranuras pueden contener un material impermeabilizante.

### **6.2.3 Tubo**

Es frecuente utilizar una estructura en forma de tubo para proteger y reunir las fibras ópticas y/o las cintas de fibras. El tubo puede contener un material impermeabilizante.

### **6.2.4 Elemento de resistencia mecánica**

El cable tendrá los elementos de resistencia mecánica apropiados para cumplir las condiciones de instalación y de servicio, de manera que las fibras no estén sometidas a niveles de deformación que superen lo acordado entre el cliente y el proveedor. El elemento de resistencia mecánica puede ser metálico o no.

### **6.2.5 Materiales impermeabilizantes**

Rellenar un cable con material impermeabilizante o envolver el núcleo del cable con capas de material hidroexpansible son dos medios de proteger las fibras contra la penetración de agua. Puede utilizarse un elemento impermeabilizante (cintas, compuesto de relleno, polvo hidroexpansible o una combinación de materiales). Los materiales utilizados no deben ser nocivos para las personas. Los materiales del cable deben ser compatibles entre sí, y en particular no deben afectar negativamente a la fibra. Estos materiales no deben dificultar la realización de los empalmes y las conexiones.

### **6.2.6 Resistencia neumática**

Si fuera necesaria la presurización del cable con aire seco durante la explotación, deberá especificarse la resistencia neumática.

NOTA – Sólo se presurizará si el cable permite un flujo de aire conforme a los criterios definidos en la Parte III del Manual UIT-T, *Tecnologías de planta exterior para redes públicas* (véase la Rec. UIT-T L.1).

## **6.3 Cubierta**

El núcleo del cable deberá estar provisto de una cubierta capaz de soportar las condiciones ambientales y mecánicas asociadas con el almacenamiento, la instalación y la explotación. La cubierta puede estar formada por una combinación de materiales, y puede incluir elementos de resistencia.

Los criterios para las cubiertas de cables de fibra óptica suelen ser similares a los aplicados a los cables conductores metálicos. También se debe tener en cuenta la cantidad de hidrógeno generado por las barreras metálicas antihumedad. Debe indicarse el espesor mínimo aceptable de la cubierta, así como los valores máximo y mínimo admisibles del diámetro total del cable.

NOTA – Uno de los materiales más utilizados para las cubiertas de cable es el polietileno (véase la cláusula 22 de la Publicación 60708-1 de la CEI). Ahora bien, en algunos casos tal vez sea necesario limitar los riesgos de incendio, por ejemplo, y entonces se utilizarán materiales especiales.

## **6.4 Armadura**

La armadura es necesaria cuando se requiere mayor resistencia a la tracción o mayor protección contra las agresiones externas, (aplastamiento, impacto, roedores, etc.).

Los criterios para la armadura de los cables de fibra óptica suelen ser similares a los que se aplican a los cables de conductores metálicos. No obstante, debe tenerse en cuenta la generación de hidrógeno debida a la corrosión. Debe tenerse presente que la armadura reduce las ventajas de los cables de fibra óptica, tales como su ligereza y flexibilidad.

La armadura de los cables desprovistos de metal puede fabricarse con hilaturas de aramida, trenzados reforzados de fibra de vidrio, envoltura de cinta, etc.

## **6.5 Identificación de los cables**

Si se requiere una identificación visual para distinguir los cables de fibra óptica y los cables metálicos, se puede marcar de manera visible la cubierta del cable de fibra óptica. Es posible identificar los cables mediante marcas de gofrado, sintetización, grabado, aplicación en caliente o impresión superficial, previo acuerdo entre el usuario y el proveedor.

## **7 Métodos de prueba**

### **7.1 Métodos de prueba para los elementos del cable**

#### **7.1.1 Pruebas aplicables a las fibras ópticas**

En esta cláusula se describen los métodos de prueba para los empalmes de fibras ópticas. En las Recomendaciones UIT-T G.650.1 y G.651 y en las Publicaciones de la serie 60793-1 de la CEI se describen los métodos apropiados para determinar las características ópticas y mecánicas de las fibras.

##### **7.1.1.1 Dimensiones**

Para medir el diámetro del recubrimiento secundario se utilizará el método de la Publicación 60793-1-21-B de la CEI.

Para medir el tubo, el núcleo ranurado y otros elementos reforzados, se utilizará el método descrito en la Publicación 60793-1-21-B o la Publicación 60189 de la CEI.

##### **7.1.1.2 Posibilidad de retirar el recubrimiento**

Para medir la posibilidad de retirar un recubrimiento primario o secundario de la fibra, se utilizarán los métodos de la Publicación 60793-1-32 de la CEI.

##### **7.1.1.3 Compatibilidad con el material de relleno**

Si las fibras están en contacto con un material de relleno impermeabilizante, se debe examinar la estabilidad del recubrimiento de la fibra y del material de relleno por medio de pruebas realizadas después de efectuar un envejecimiento acelerado.

La estabilidad de la fuerza necesaria para retirar el recubrimiento se probará de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E5 de la CEI.

Se determinará la estabilidad dimensional y la transmisividad del recubrimiento mediante un método de prueba acordado entre el usuario y el proveedor.

## **7.1.2 Pruebas aplicables a los tubos**

### **7.1.2.1 Retorcimiento del tubo**

Para medir las características de retorcimiento de un tubo se utilizará el método de la Publicación 60794-1-2-G7 de la CEI.

## **7.1.3 Pruebas aplicables a las cintas**

### **7.1.3.1 Dimensiones**

Para medir las dimensiones de la cinta, se deben utilizar tres métodos según proceda. El primero es la prueba de homologación y se utiliza para establecer y verificar el proceso de fabricación de la cinta. Esta prueba se efectuará de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-G2 de la CEI, método de medición visual. Los otros dos métodos se utilizan sólo para inspeccionar el producto después de comprobar el proceso de fabricación. Se trata de los métodos de prueba de la Publicación 60794-1-2-G3 de la CEI, "calibre de abertura" y de la Publicación 60794-1-2-G4 de la CEI, "calibre de cuadrante". También se puede utilizar el método de medición visual para realizar una inspección.

### **7.1.3.2 Separabilidad de las diferentes fibras de una cinta**

Es posible que el usuario y el proveedor decidan que la cinta de fibra debe permitir la separación. En ese caso, a fin de garantizar la fiabilidad a largo plazo de las fibras, es necesario evitar:

- que se deterioren las características mecánicas de las fibras;
- que se suprima el color de las diferentes fibras.

Es difícil evitar completamente estos aspectos. No obstante, si un usuario y un proveedor lo acuerdan, se utilizará el método de prueba de la Publicación 60794-1-2-G5 de la CEI para evaluar la separabilidad de las fibras. Previo acuerdo entre un usuario y un proveedor, también se pueden utilizar otros métodos de prueba especiales.

## **7.2 Métodos de prueba de las características mecánicas del cable**

Esta cláusula recomienda procedimientos y métodos de prueba apropiados para verificar las características mecánicas de los cables de fibra óptica.

Para los métodos de prueba, véanse las Publicaciones de la serie 60794-1 de la CEI.

### **7.2.1 Resistencia a la tracción**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica, cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Se mide la atenuación de la fibra en función de la carga mecánica aplicada al cable durante la instalación.

La prueba debe llevarse a cabo de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E1 de la CEI.

El grado de separación mecánica entre la fibra y el cable puede determinarse midiendo la elongación de la fibra, con un equipo de prueba de desplazamiento de la fase óptica, y la elongación del cable.

Se puede hacer una medición no destructiva si la tensión aplicada está dentro de los valores que se observan en explotación.

### **7.2.2 Curvado**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Esta prueba tiene por objeto determinar si los cables de fibra óptica pueden soportar los esfuerzos mecánicos que se producen al pasar por una polea, simulada por un mandril de prueba.

Esta prueba deberá realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E11 de la CEI.

### **7.2.3 Curvado bajo tensión (flexión)**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Este tema queda en estudio.

### **7.2.4 Aplastamiento**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Esta prueba deberá realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E3 de la CEI.

### **7.2.5 Resistencia a la abrasión**

Este método se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Este asunto necesita más estudio, y actualmente está bajo consideración en el método de la Publicación 60794-1-2-E2A de la CEI.

### **7.2.6 Torsión**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Esta prueba deberá realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E7 de la CEI.

### **7.2.7 Impacto**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Esta prueba debe realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E4 de la CEI.

### **7.2.8 Retorcimiento**

Este método se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Esta prueba debe realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E10 de la CEI.

### **7.2.9 Flexiones repetidas**

Esta prueba debe realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E6 de la CEI.

### **7.2.10 Características de enrollamiento**

Esta prueba debe realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E20 de la CEI.

### **7.3 Métodos de prueba de las características ambientales**

En esta cláusula se recomiendan los procedimientos y los métodos de prueba adecuados para verificar las características ambientales de los cables de fibra óptica.

#### **7.3.1 Ciclos de temperatura**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

La prueba consiste en someter al cable de fibra óptica a cambios cíclicos de temperatura para determinar la estabilidad de sus características de atenuación en presencia de cambios de la temperatura ambiente que pueden producirse durante el almacenamiento, el transporte y la explotación.

Esta prueba debe realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-F1 de la CEI.

#### **7.3.2 Penetración longitudinal del agua**

Este método de prueba se aplica a todos los cables exteriores, rellenos completamente, cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación. La prueba tiene por objeto verificar que todos los intersticios del cable están rellenos con un compuesto continuo, para evitar la penetración del agua en el cable.

Esta prueba debe realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-F5 de la CEI.

#### **7.3.3 Barrera antihumedad**

Este método se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Esta prueba se aplica a los cables que tienen una lámina metálica superpuesta longitudinalmente. La penetración de la humedad puede probarse de conformidad con el método de prueba descrito en el Capítulo III de la Parte I del Manual UIT-T, *Tecnologías de planta exterior para redes públicas* (véase la Rec. UIT-T L.1).

#### **7.3.4 Congelación**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

Este tema queda en estudio y actualmente se examina en el método de la Publicación 60794-1-2-F6 de la CEI.

#### **7.3.5 Hidrógeno**

Este método de prueba se aplica a todos los cables de fibra óptica cualesquiera que sean las condiciones ambientales de instalación.

En el caso de cables sin partes metálicas o cables que tienen una cubierta con barrera antihumedad, si los componentes del cable producen poco hidrógeno por sí mismos o en combinación con otros (por ejemplo, agua), la incorporación de gas hidrógeno dentro del núcleo de cable no producirá un aumento apreciable de la pérdida óptica.

Para otras construcciones de cable, debe tenerse en cuenta la Rec. UIT-T L.27.

#### **7.3.6 Radiaciones nucleares**

Este método de prueba permite determinar en qué medida los cables de fibra óptica son capaces de soportar la exposición a una radiación nuclear.

Esta prueba debe realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-F7 de la CEI.

### **7.3.7 Vibración**

Esta tema queda en estudio.

### **7.3.8 Envejecimiento**

Esta tema queda en estudio.

### **7.3.9 Resistencia neumática**

Si se utiliza el sistema de gas a presión para proteger los cables no impermeabilizados, esta prueba debe realizarse de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-F8 de la CEI.

### **7.3.10 Protección contra los rayos**

Cuando en un cable se utiliza material metálico, la protección del cable contra los rayos se deberá determinar mediante la prueba descrita en la Rec. UIT-T K.25 o ser objeto de un acuerdo entre un usuario y un proveedor.



## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y 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
<b>Serie L</b>	<b>Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior</b>
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

