



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**L.43**

(12/2002)

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

---

**Cables de fibra óptica para aplicaciones  
enterradas**

Recomendación UIT-T L.43

---



## **Recomendación UIT-T L.43**

### **Cables de fibra óptica para aplicaciones enterradas**

#### **Resumen**

Esta Recomendación describe las características, la construcción y los métodos de prueba de los cables de fibra óptica para instalación en aplicaciones enterradas. En primer lugar, se describen las características que debe poseer el cable para que la calidad de funcionamiento de la fibra óptica sea suficiente. Luego se describe el método para determinar si el cable posee esas características. Las condiciones pueden ser diferentes según el entorno de instalación. A esos efectos, el usuario y el proveedor deben acordar las condiciones de experimentación de manera detallada según el entorno de utilización del cable.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T L.43, preparada 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 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
2.1 Referencias normativas .....	2
2.2 Referencias informativas .....	2
3 Términos y definiciones .....	2
4 Abreviaturas.....	3
5 Características de las fibras ópticas y de los cables de fibra óptica.....	3
5.1 Características de las fibras ópticas.....	3
5.1.1 Características de transmisión .....	3
5.1.2 Microflexión de las fibras.....	3
5.1.3 Macroflexión de las fibras .....	3
5.2 Características mecánicas.....	3
5.2.1 Flexión.....	3
5.2.2 Resistencia a la tracción .....	4
5.2.3 Aplastamiento e impactos.....	4
5.2.4 Torsión.....	4
5.3 Condiciones ambientales .....	4
5.3.1 Hidrógeno .....	4
5.3.2 Penetración de la humedad.....	4
5.3.3 Penetración de agua .....	5
5.3.4 Descargas de rayos .....	5
5.3.5 Daños bióticos .....	5
5.3.6 Vibraciones.....	5
5.3.7 Variaciones de temperatura .....	5
5.3.8 Agresiones químicas.....	6
5.3.9 Agresiones mecánicas .....	6
5.4 Instalación y desmontaje .....	6
5.4.1 Método de instalación.....	6
5.4.2 Método de desmontaje.....	6
6 Construcción de los cables.....	6
6.1 Recubrimientos de las fibras .....	6
6.1.1 Recubrimiento primario.....	6
6.1.2 Recubrimiento secundario .....	7
6.1.3 Identificación de las fibras.....	7
6.1.4 Facilidad para retirar el recubrimiento .....	7
6.2 Elementos del cable.....	7

	<b>Página</b>
6.2.1 Cintas de fibras .....	7
6.2.2 Núcleo ranurado .....	8
6.2.3 Tubo.....	8
6.2.4 Elemento de resistencia mecánica .....	8
6.2.5 Materiales impermeabilizantes.....	8
6.2.6 Resistencia neumática .....	8
6.3 Cubierta .....	8
6.4 Armadura.....	9
6.5 Identificación de los cables .....	9
7 Métodos de prueba.....	9
7.1 Métodos de prueba para los elementos del cable .....	9
7.1.1 Pruebas aplicables a las fibras ópticas.....	9
7.1.2 Pruebas aplicables a los tubos .....	9
7.1.3 Pruebas aplicables a las cintas.....	10
7.2 Métodos para probar las características mecánicas del cable.....	10
7.2.1 Resistencia a la tracción .....	10
7.2.2 Curvado .....	10
7.2.3 Curvado bajo tensión (flexión).....	11
7.2.4 Aplastamiento.....	11
7.2.5 Resistencia a la abrasión.....	11
7.2.6 Torsión.....	11
7.2.7 Impacto.....	11
7.2.8 Retorcimiento .....	11
7.2.9 Flexiones repetidas .....	11
7.2.10 Características de enrollamiento.....	11
7.3 Métodos de prueba de las características ambientales .....	11
7.3.1 Ciclos de temperatura .....	12
7.3.2 Penetración longitudinal del agua .....	12
7.3.3 Barrera antihumedad .....	12
7.3.4 Congelación.....	12
7.3.5 Hidrógeno .....	12
7.3.6 Radiaciones nucleares .....	12
7.3.7 Vibración .....	13
7.3.8 Envejecimiento .....	13
7.3.9 Resistencia neumática .....	13
7.3.10 Protección contra los rayos.....	13
Apéndice I – Cables de fibra óptica directamente enterrados: Experiencia en Brasil .....	13
I.1 Introducción.....	13
I.2 Requisitos.....	13

	<b>Página</b>
I.2.1 Resistencia a la tracción .....	13
I.2.2 Resistencia a la penetración de humedad .....	14
I.2.3 Resistencia a la abrasión.....	14
I.2.4 Resistencia a las agresiones químicas .....	14
I.2.5 Resistencia a las variaciones de temperatura.....	14
I.2.6 Resistencia a las agresiones biológicas .....	15
I.2.7 Resistencia a otras agresiones mecánicas.....	15
I.2.8 Desmontaje y reinstalación del cable .....	15
I.3 Diseño y realización de los cables.....	15
I.3.1 Cable óptico con doble envoltura de polietileno y nylon para instalación directamente enterrada.....	15
I.3.2 Cable óptico directamente enterrado y colocado en un tubo protector .....	16



## Recomendación UIT-T L.43

### Cables de fibra óptica para aplicaciones enterradas

#### 1 Alcance

Los cables de fibra óptica se utilizan cada vez más en las redes interurbanas y en las redes de acceso. Algunos de esos cables se entierran para no afear el entorno, lo que permite reducir los costos de la construcción de redes y la importancia de las instalaciones subterráneas, como conductos y galerías.

Para su tendido sin conductos ni túneles ni protecciones rígidas, las características de los cables deben responder a las condiciones más desfavorables. Hay cables protegidos con una armadura exterior, instalados dentro de tubos o protegidos con una cubierta de plástico especial.

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, en instalaciones directamente enterradas;
- trata de las características mecánicas y ambientales de los mencionados cables de fibra óptica. Las características dimensionales y de transmisión de las fibras ópticas, 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;
- contiene información fundamental sobre los cables de fibra óptica desde los puntos de vista mecánico y ambiental;
- precisa que algunos cables de fibra óptica pueden contener elementos metálicos, por lo que debe tenerse en cuenta el Manual del UIT-T sobre *Tecnologías de planta exterior para redes públicas* (véase la Rec. UIT-T L.1) y otras Recomendaciones de la serie L;
- recomienda que un cable de fibra óptica esté provisto 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 60793-1-1:2002, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General guidance.*
- [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.*

## 2.2 Referencias informativas

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

## 3 Términos y definiciones

En esta Recomendación se aplican 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 de 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 se describen en cada Recomendación correspondiente a una fibra óptica. Salvo que los usuarios de esta Recomendación especifiquen algún valor particular, esos valores se aplican a las fibras ópticas cableadas.

#### **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.

La microflexión puede 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 su vida útil 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 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 impactos**

El cable puede ser sometido a aplastamiento e impactos 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 determinar 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, las precauciones de selección y construcción del cable (cubierta con barrera antihumedad) o la supresión de los componentes metálicos, el aumento de la pérdida óptica puede mantenerse dentro de límites aceptables.

Más información en el anexo D de la Publicación 60794-1-1 de la CEI.

### **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. También pueden utilizarse cables con relleno, sin componentes metálicos.

NOTA – 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.

### **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. Para impedir la penetración longitudinal de agua en el cable se utilizan técnicas como rellenar completamente el núcleo del cable con un compuesto, utilizar bloques de agua separados o materiales hidroexpansibles (por ejemplo, cintas o mechas). En el caso de cables no rellenos, se pueden utilizar gases secos a presión.

El agua en el cable puede helarse en determinadas condiciones y aplastar la fibra, con el correspondiente aumento de la pérdida óptica y posible rotura de la fibra.

### **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, deben tenerse en cuenta las Recomendaciones UIT-T K.25, K.29 y K.47.

Cuando se utiliza un cable no metálico, hay que rellenarlo y protegerlo contra los daños mecánicos y térmicos.

### **5.3.5 Daños bióticos**

Cuando se utilizan cables enterrados, es importante prever las posibles agresiones biológicas. Los organismos vivos que pueden producir daño son los roedores, los hongos, las termitas, el moho, etc. Si bien lo más seguro es escoger un trayecto para el cable que no presente dichos peligros, se sugieren algunos métodos de protección del cable contra los ataques biológicos. La Rec. UIT-T L.46, *Protección de los cables y las plantas de telecomunicaciones contra los ataques biológicos*, contiene más información al respecto.

### **5.3.6 Vibraciones**

Los cables de fibra óptica subterráneos pueden estar expuestos a vibraciones causadas por el tráfico, los ferrocarriles, explosiones o martinets para hincar pilotes. Los cables deben resistir a las vibraciones generadas por esas actividades sin sufrir degradación.

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

### **5.3.7 Variaciones de temperatura**

Durante toda su vida útil, los cables estarán sometidos a cambios de temperatura.

Una variación térmica produce distintos cambios dimensionales en los distintos elementos del cable, ya que sus coeficientes de dilatación térmica son diferentes: el coeficiente más grande puede ser 100 veces el valor del más pequeño. Esta diferencia de comportamiento puede agravar la atenuación de las fibras ópticas debido a la microflexión o la macroflexión. Por eso es necesario conocer por adelantado las condiciones de temperatura del lugar dónde se va a tender el cable, y escoger el cable adaptado a ese entorno.

### **5.3.8 Agresiones químicas**

Las características de la cubierta del cable instalado se pueden degradar al entrar en contacto con diversos agentes químicos, y esto puede afectar la protección del núcleo.

A fin de evitar este problema, el material de la cubierta del cable debe seleccionarse cuidadosamente en base a su resistencia a los productos químicos. Es importante saber qué productos químicos hay en el lugar de instalación, y entonces estudiar la resistencia del material de cubierta contra esos productos químicos.

### **5.3.9 Agresiones mecánicas**

Es difícil prever el nivel de agresión mecánica a la que estará sometido el cable durante la manipulación, la instalación y el mantenimiento. No obstante, es evidente que un cable enterrado está menos protegido que un cable tendido dentro de un conducto, y por eso es necesario satisfacer ciertos requisitos establecidos internacionalmente: ensayos de impacto, de flexiones alternadas, de torsión, de compresión y de curvado. Los usuarios y los proveedores deberán determinar si es necesario hacer pruebas específicas o fijar condiciones específicas para las pruebas habituales.

## **5.4 Instalación y desmontaje**

### **5.4.1 Método de instalación**

La fuerza de tracción para instalar el cable será diferente en cada caso y depende del procedimiento de tendido. El usuario y el instalador deberán acordar el método de instalación.

### **5.4.2 Método de desmontaje**

Suele ser más difícil desmontar un cable enterrado sin dañarlo, que un cable tendido dentro de un conducto. El usuario y el encargado del desmontaje deberán acordar el método apropiado. Si el cable se ha de reutilizar, es necesario escoger un método de desmontaje que lo dañe lo menos posible.

## **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 luz y detección que se utilicen para empalmar las fibras.

NOTA 1 – El recubrimiento primario debe tener un diámetro nominal de 250  $\mu\text{m}$ .

NOTA 2 – Las fibras provistas con un recubrimiento primario deberían probarse con un esfuerzo mínimo de 0,5% durante un segundo. El método de prueba debe ser conforme a la Publicación 60793-1-30 de la CEI.

NOTA 3 – Hay que estudiar más el tema para aconsejar métodos de prueba adecuados para la inyección local de luz y la detección.

### 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 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

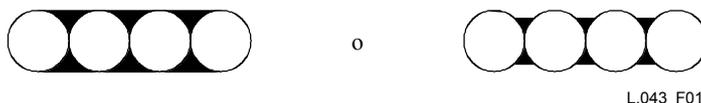
Las protecciones primaria y secundaria deben ser fáciles de retirar y no deben entorpecer el procedimiento de empalme o de ajuste de la fibra óptica a conectores ópticos.

## 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 fibras

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.



L.043\_F01

Figura 1/L.43 – Sección transversal de una cinta de fibras unidas por los bordes



L.043\_F02

Figura 2/L.43 – 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/o 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, que estará firmemente adherido a dicho núcleo para garantizar la estabilidad a la temperatura y evitar su separación cuando se aplique una fuerza de tracción durante la instalación. Las ranuras pueden contener un material de bloqueo del agua.

### **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 la fibra. Esos materiales no deben dificultar la realización de los empalmes y/o 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 del UIT-T sobre *Tecnologías de planta exterior para redes públicas* (véase la Rec. UIT-T L.1).

## **6.3 Cubierta**

El núcleo de 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 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 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 las fibras ópticas relativos a los empalmes. En las Recomendaciones UIT-T G.650 y G.651 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 utilizará el método 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 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 que es el método de medición visual. Los otros dos métodos se utilizan sólo para inspeccionar el producto después de establecido el proceso de fabricación. Se trata de los métodos de prueba de la Publicación 60794-1-2-G3 de la CEI "calibre de apertura" 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**

El usuario y el proveedor pueden imponer una condición de separabilidad. En ese caso, a fin de garantizar la fiabilidad a largo plazo de las fibras, es necesario evitar:

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

Es difícil evitar completamente esas situaciones. 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 examinar la separabilidad de las fibras. Además, previo acuerdo entre un usuario y un proveedor, se pueden utilizar otros métodos de prueba especiales.

### **7.2 Métodos para probar 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.

#### **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.

Esta prueba debe realizarse de conformidad con 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 deberá 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 del UIT-T sobre *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 en 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 se efectuará de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-F7 de la CEI.

### **7.3.7 Vibración**

Este método de prueba evalúa la idoneidad de los cables de fibra óptica instalados en puentes o enterrados.

Esta prueba queda en estudio.

### **7.3.8 Envejecimiento**

Este tema lo estudia el Grupo de Trabajo WG 3 SC86A de la CEI.

### **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 debe ajustarse a la prueba descrita en la Rec. UIT-T K.25, o ser objeto de un acuerdo entre el usuario y el proveedor.

## **Apéndice I**

### **Cables de fibra óptica directamente enterrados: Experiencia en Brasil**

#### **I.1 Introducción**

Sabiendo que en Brasil son frecuentes las descargas de rayos y que las grandes ciudades están muy distantes entre sí, la solución de enterrar directamente cables ópticos completamente dieléctricos para cubrir grandes distancias es sumamente interesante y económica para ese tipo de aplicación.

#### **I.2 Requisitos**

Los requisitos básicos determinados por una empresa de telecomunicaciones son:

- 1) que los cables sean completamente dieléctricos y estén realizados con la tecnología de tubo de fibras libres;
- 2) que los costos sean inferiores a los de los cables que utilizan cinta de acero como protección de la cubierta;
- 3) que las características de transmisión, mecánicas y térmicas sean superiores a las de los cables metálicos.

A continuación se enumeran las características que se examinaron.

##### **I.2.1 Resistencia a la tracción**

En cuanto a la resistencia a la tracción, el objetivo era garantizar que los esfuerzos aplicados al cable durante su instalación no afectarían la duración ni las características de transmisión de las fibras ópticas.

La fuerza de tracción que se ejerce durante la instalación del cable varía según el caso y depende del procedimiento utilizado. No obstante, como se trata de un cable enterrado directamente, se tomaron precauciones para no aplicar una fuerza de más de 1000 N, en la instalación manual (colocación del cable en una zanja ya excavada), ni en la instalación mecánica (zanjadora).

Se especificó que los elementos de resistencia del cable debían soportar la fuerza de tracción que se aplica durante la instalación del cable sin producir aumento de la atenuación, discontinuidades

ópticas localizadas o deformación de las fibras ópticas superiores al 0,20% durante la aplicación de la tracción y, al 0,05% después de que cesa el esfuerzo.

Es sabido que para garantizar una vida útil de por lo menos 20 años, con una fiabilidad superior al 99%, las fibras ópticas no se deben someter a tensiones superiores al 1/3 de la tensión de prueba. Como en Brasil se realizaban entonces pruebas a 0,55 GPa o del 0,50% de la elongación, se decidió fijar un valor del 0,20% para la elongación máxima de la fibra durante la instalación del cable.

Se establece un valor del 0,05% de deformación aceptable después de que cesa el esfuerzo para garantizar que una vez instalado, el cable no estará sometido a ninguna tensión. Durante la instalación se produce una fricción entre el cable y el material de contacto (tierra) que impide garantizarlo. Por consiguiente, es probable que en algunas zonas del cable las fibras estén sometidas a un esfuerzo permanente; es conveniente que el nivel de ese esfuerzo sea tal que no produzca deformación.

### **I.2.2 Resistencia a la penetración de humedad**

El contacto con el agua y la humedad afecta las características de transmisión y la duración de las fibras ópticas. El cable se debe proteger contra la penetración de humedad de manera que, en caso de daño o rotura de la envoltura, el agua no llegue nunca hasta el núcleo del cable, ni hasta las fibras ópticas.

Por consiguiente, se especificó que la parte interior del cable se debía rellenar completamente con un compuesto que constituye una barrera contra la humedad. Ese compuesto debe ser inodoro, no tóxico e inofensivo para la piel, a fin de evitar accidentes durante la manipulación de los cables. Además, se debía utilizar un compuesto que se pudiera retirar fácilmente y suficientemente incoloro para no dificultar las operaciones de instalación y mantenimiento del cable.

### **I.2.3 Resistencia a la abrasión**

Debido a los métodos de instalación, estos cables están sometidos a esfuerzos de abrasión importantes.

La abrasión va a actuar sobre la envoltura exterior y puede reducir su espesor, lo que va a incidir en la calidad de la protección que proporciona.

Se especificó que la prueba de abrasión no debía reducir el diámetro del cable en más de 1 mm.

### **I.2.4 Resistencia a las agresiones químicas**

El cable instalado puede entrar en contacto con diversos agentes químicos que pueden degradar su recubrimiento y reducir así la protección del núcleo.

Para evitar este problema, se especificó que las características del material de envoltura no podían modificarse más allá de un cierto límite. Como consecuencia del contacto directo con agua, soluciones ácidas (pH = 1), soluciones básicas (pH = 13) y gasolina (la referencia de la norma era una solución 70:30 de isoctano/tolueno).

### **I.2.5 Resistencia a las variaciones de temperatura**

Los cables estarán sometidos a cambios de temperatura durante toda su vida útil.

Una variación térmica produce cambios dimensionales diferentes en los distintos elementos del cable, ya que sus coeficientes de dilatación térmica son diferentes: el coeficiente más grande puede ser 100 veces el valor del más pequeño. Esta diferencia de comportamiento puede agravar la atenuación de las fibras ópticas debido a la microflexión o la macroflexión.

Al fijar unos límites térmicos (entre -20 y +65 °C) se pretende evaluar el comportamiento de la atenuación de las fibras ópticas cuando el cable se expone a valores extremos de temperatura de explotación, que pueden producirse en las diversas regiones del país. Es posible evaluar el diseño, el procedimiento de producción y el material de un cable haciendo una prueba térmica.

### **I.2.6 Resistencia a las agresiones biológicas**

Como el cable está en contacto directo con el suelo, se consideró indispensable que los materiales de la envoltura exterior proporcionasen una protección adecuada contra las agresiones biológicas, como la aparición de hongos o el ataque de termitas.

El requisito era que las características mecánicas de estos materiales no resultaran demasiado afectadas por la prueba de resistencia contra el ataque de hongos.

A fin de proteger al cable contra las termitas, se especificó que en su envoltura debía incluirse un recubrimiento de poliamida 12, que reduce sensiblemente los daños causados por el ataque de esos insectos. Este recubrimiento de poliamida se incorpora por extrusión entre las envolturas interior y exterior de polietileno, o sobre la envoltura exterior en el caso de cables colocados dentro de tubos.

### **I.2.7 Resistencia a otras agresiones mecánicas**

Como es imposible prever el nivel de agresiones mecánicas que el cable puede sufrir durante la manipulación, la instalación y el mantenimiento, se adoptaron distintos criterios reconocidos internacionalmente: pruebas de impacto, de flexiones alternadas, de torsión, de compresión y de curvado, entre otros.

### **I.2.8 Desmontaje y reinstalación del cable**

Si se utiliza un cable óptico directamente enterrado, colocado dentro de un tubo, es conveniente que el cable (véase figura I.2) pueda retirarse fácilmente del tubo, para poder reemplazar un cable defectuoso.

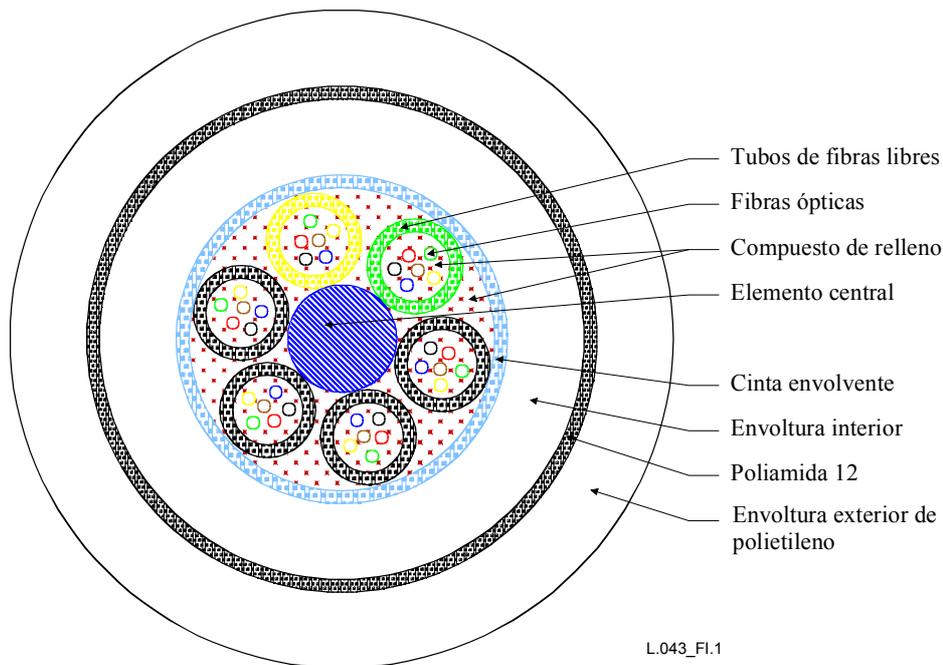
Existe un método de prueba específico para determinar el coeficiente de fricción en el caso de un cable óptico enterrado y colocado dentro de un tubo.

## **I.3 Diseño y realización de los cables**

En el Brasil se utilizan dos tipos diferentes de cable óptico para instalación directamente enterrada.

### **I.3.1 Cable óptico con doble envoltura de polietileno y nylon para instalación directamente enterrada**

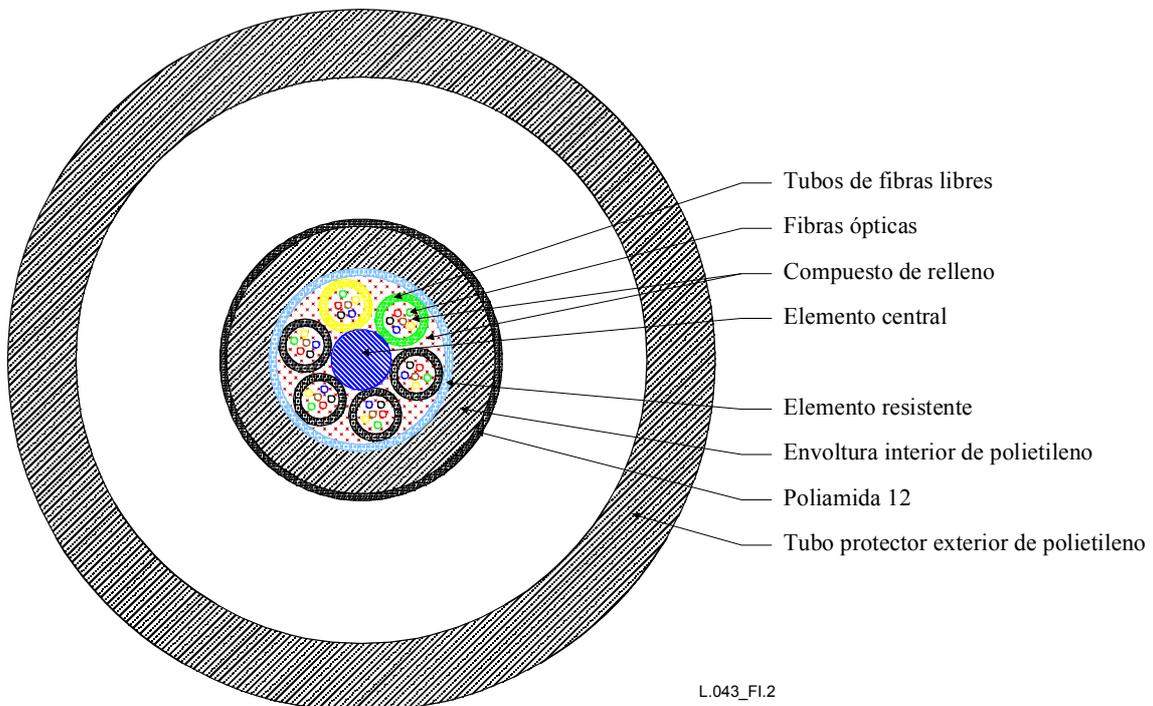
Como se ilustra en la figura I.1, este cable puede comprender de 2 a 72 fibras ópticas, colocadas en haces de 2 a 6 fibras dentro de tubos rellenos de gelatina. Esos tubos se tensan helicoidalmente alrededor de un elemento dieléctrico resistente central, y los intersticios entre los tubos se rellenan completamente con un compuesto gelatinoso apropiado. Por encima se aplica una cinta envolvente no higroscópica o impermeable para completar el núcleo del cable. Luego, se incorpora por extrusión una primera capa de polietileno alrededor del núcleo del cable para formar la envoltura interior. A fin de proteger el cable contra las termitas, se aplica por extrusión una capa especial de poliamida 12 sobre la envoltura interior. Por último, para finalizar la protección del núcleo del cable, sobre la capa de poliamida se aplica una envoltura exterior de polietileno por extrusión.



**Figura I.1/L.43 – Cable de 36 fibras ópticas con doble envoltura de polietileno y nylon para instalación directamente enterrada**

### I.3.2 Cable óptico directamente enterrado y colocado en un tubo protector

Como se ilustra en la figura I.2, este cable puede comprender de 2 a 72 fibras ópticas, colocadas en haces de 2 a 6 fibras dentro de tubos rellenos de gelatina. Esos tubos se tensan helicoidalmente alrededor de un elemento dieléctrico resistente central, y los intersticios entre los tubos se rellenan completamente con un compuesto gelatinoso apropiado. Por encima se aplica una cinta envolvente no higroscópica o impermeable para completar el núcleo del cable.



**Figura I.2/L.43 – Sección transversal de un cable óptico de 36 fibras directamente enterrado y colocado en un tubo protector**

Sobre la cinta envolvente se aplica una capa especial de hilos de aramida a fin de darle al cable la resistencia mecánica que necesita para soportar la fuerza de tracción.

Luego se incorpora por extrusión una primera capa de polietileno sobre los hilos de aramida, para formar la envoltura interior. A fin de proteger el cable contra las termitas, se aplica por extrusión una capa especial de poliamida 12 sobre la envoltura interior.

Por último, el cable se protege por medio de un tubo exterior de polietileno con un diámetro interior suficiente para permitir el desmontaje y la reinstalación del cable óptico.





## 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

