ANEXO

Especificaciones técnicas
Suministro de cable de fibra óptica

INDICE

1. OBJETO 3

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS ÓPTICAS 3
2.1 Fibra Monomodo Estándar SM/ST 4
2.2 Fibra Monomodo de Dispersión Desplazada No Nula SM/NZDS 7

3. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA 10
3.1 Cables de Fibra Óptica a Suministrar para G.N. 10
3.2 Elementos que forman el Cable 11
3.3 Parámetros de Obligado cumplimiento del Cable 18
3.3.1 Cables tipo PESP o PKESP 18
3.4 Marcado de la cubierta externa del cable 26
3.5 Código de Colores 27
3.5.1 Para las Fibras 27
3.5.2 Para los tubos 28

4. EMBALAJE DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA 33

5. PRUEBAS DE CALIDAD SOBRE EL SUMINISTRO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA 34
CABLE DE FIBRA ÓPTICA 34
5.1 Medidas sobre la fibra óptica 34
5.2 Medidas sobre el Cable 40
5.3 Certificados de Homologación del Fabricante sobre el Cable y sobre la Fibra. .. 50

6. DOCUMENTACIÓN DEL SUMINISTRO DE CABLE F.O. 53

1. OBJETO

En este anexo se recogen, con carácter general, las condiciones y especificaciones técnicas relacionadas con el suministro del cable de fibra óptica para su empleo en los proyectos de ejecución dentro de la red de fibra óptica de alta capacidad del Gobierno de Navarra.

Los suministros de cable de fibra óptica que como parte del expediente el licitador precise realizar, y que se correspondan con alguno de los tipos de fibra o cable aquí indicados, deberán satisfacer todas las condiciones exigidas para los mismos en este Anexo.

También se indican las pruebas y medidas que deberán realizarse en fábrica, tanto al cable como a la fibra óptica suministrados, con el objeto de verificar que los suministros cumplen las especificaciones indicadas en este anexo.

Así mismo, se recogen indicaciones relativas a la documentación, que el suministrador deberá entregar obligatoriamente, asociada al suministro de cable de fibra óptica.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

La fibra óptica monomodo empleada en la red de fibra óptica de alta capacidad del Gobierno de Navarra podrá ser de dos tipos:

• Fibra óptica monomodo estándar identificada por SM/ST y que cumpla la recomendación ITU-T G.652.**D**.
• Fibra óptica monomodo de dispersión desplazada no nula identificada por SM/NZDS y que cumpla la recomendación ITU-T G.655C.

2.1 Fibra Monomodo Estándar SM/ST

Este tipo de fibra cumplirá la recomendación **ITU-T G.652.D**, caracterizándose por las propiedades ópticas, geométricas, ambientales y mecánicas indicadas en las siguientes tablas.

En la Tabla 1 el diámetro de campo modal (MFD) a 1.310 nm se especifica por medio del valor nominal y de la tolerancia. Los valores de aceptación de la fibra para este parámetro vendrán determinados por el valor nominal ofertado por el fabricante (que deberá estar incluido en el rango dado en la Tabla 1), con una tolerancia máxima de ± 0,4.

PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652		
Parámetro	**Condiciones**	**Criterio**
Diámetro del campo modal [µm]	λ =1.310 nm	Valor nominal:9,0-9,2 Tolerancia: ≤ ± 0,4
	λ =1.550 nm	10,2 ± 1,0
Coeficiente de dispersión cromática [ps/(nm*Km)]	λ =1.285 nm – 1.330 nm	|D| < 3,0
	λ =1.550 nm	≤ 17,0
Longitud de onda de dispersión nula [nm]		1.310 ± 10
Pendiente de dispersión nula [ps/(nm²*Km)]		≤ 0,092
Longitud de onda de corte [nm]	Después del cableado	≤ 1.260
Coeficiente de PMD [ps/Km$^{1/2}$]	Después del cableado	≤ 0,10
Coeficiente de atenuación de la fibra cableada [dB/Km]	λ = 1.310 nm	≤ 0,360
	λ = 1.550 nm	≤ 0,230

PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652		
Parámetro	**Condiciones**	**Criterio**
Variación del coeficiente de atenuación en ventana [dB/Km]	1.285 nm ≤ λ ≤ 1.310 nm	≤ 0,035
	1.310 nm ≤ λ ≤ 1.330 nm	≤ 0,030
	1.525 nm ≤ λ ≤ 1.550 nm	≤ 0,03
	1.550 nm ≤ λ ≤ 1.575 nm	≤ 0,03
Uniformidad de atenuación [dB]	λ = 1.310 nm	≤ 0,1
	λ = 1.550 nm	≤ 0,1
Incremento de la atenuación por macroflexión [dB]	1 vuelta, 32 mm de diámetro Medida a 1.550 nm	≤ 0,5
	100 vueltas, 60 mm de diámetro Medida a 1.550 nm	≤ 0,05

Tabla 1. Propiedades ópticas de la fibra SM/ST ITU-T G.652

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652	
Parámetro	**Criterio**
Diámetro del revestimiento [µm]	125 ± 1,0
Diámetro del recubrimiento primario [µm]	242 ± 7,0
Error de concentricidad núcleo-revestimiento [µm]	≤ 0,6
Error de circularidad del revestimiento [%]	≤ 1,0
Error de concentricidad revestimiento-recubrimiento [µm]	≤ 12,0
Rizado de la fibra (radio de curvatura) [m]	≥ 4,0

Tabla 2. Propiedades geométricas de la fibra SM/ST ITU-T G.652

PROPIEDADES AMBIENTALES DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652		
Parámetro	**Condiciones**	**Criterio**
Variación de la atenuación por ciclo de temperatura [dB/Km]	Medida a 1.310 y 1.550 nm Entre –60 ºC y +85 ºC	≤ 0,05
Variación de la atenuación por ciclo de temperatura – humedad [dB/Km]	Medida a 1.310 y 1.550 nm Temperatura entre –10ºC y +85ºC Humedad relativa hasta 98 %	≤ 0,05
Variación de la atenuación por inmersión en agua [dB/Km]	Medida a 1.310 y 1.550 nm Inmersión en agua a 23±2 ºC	≤ 0,05
Variación de la atenuación por envejecimiento por calor [dB/Km]	Medida a 1.310 y 1.550 nm 85±2 ºC	≤ 0,05

Tabla 3. Propiedades ambientales de la fibra SM/ST ITU-T G.652

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652	
Parámetro	**Criterio**
Prueba de resistencia mecánica a la tensión [kpsi]	≥ 100 (0,7 GPa) (Alargamiento ≥ 1%)
Fatiga dinámica (N_d)	≥ 20
Fuerza de pelado del recubrimiento [N]	1,3 – 8,9

Tabla 4. Propiedades mecánicas de la fibra SM/ST ITU-T G.652

2.2 Fibra Monomodo de Dispersión Desplazada No Nula SM/NZDS

Estas fibras cumplirán la recomendación **ITU-T G.655C**, con las propiedades ópticas, geométricas, ambientales y mecánicas dadas en las siguientes tablas.

En la Tabla 5 el diámetro de campo modal (MFD) se especifica por medio del valor nominal y de la tolerancia. Los valores de aceptación de la fibra para este parámetro vendrán determinados por el valor nominal ofertado por el fabricante (que deberá estar incluido en el rango dado en la Tabla 5), con una tolerancia máxima de ± 0,5.

PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO DE DISPERSIÓN DESPLAZADA NO NULA ITU-T G.655		
Parámetro	**Condiciones**	**Criterio**
Diámetro del campo modal [µm]	λ =1.550 nm	Valor nominal:8,1-9,6 Tolerancia: ≤ ± 0,5
Coeficiente de dispersión cromática [ps/(nm*Km)]	1.530 nm ≤ λ ≤ 1.565 nm	|D| = 5,5 – 10,0
	1.565 nm ≤ λ ≤ 1.625 nm	(+)NZDS: 7,5 – 13,8 (-)NZDS: -6,0 – -1
Longitud de onda de corte [nm]	Después del cableado	≤ 1.450
Coeficiente de PMD [ps/$Km^{1/2}$]	Fibra cableada, 20 cables Q = 0,01 %	≤ 0,10
Área efectiva [μm^2]	Valor nominal	≥ 50
Coeficiente de atenuación [dB/Km]	λ =1.550 nm	≤ 0,250
	λ =1.625 nm	≤ 0,250
Variación del coeficiente de atenuación en ventana [dB/Km]	1.525 nm ≤ λ ≤ 1.550 nm	≤ 0,03
	1.550 nm ≤ λ ≤ 1.575 nm	≤ 0,03
	1.550 nm ≤ λ ≤ 1.625 nm	≤ 0,05
Uniformidad de atenuación [dB]	λ = 1.550 nm	≤ 0,10
Incremento de la atenuación por macroflexión [dB]	1 vuelta, 32 mm de diámetro Medida a 1.550 nm y 1.625 nm	≤ 0,50
	100 vueltas, 60 mm de diámetro Medida a 1.550 y 1.625 nm	≤ 0,05

Tabla 5. Propiedades ópticas de la fibra SM/NZDS ITU-T G.655

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO DE DISPERSIÓN DESPLAZADA NO NULA ITU-T G.655	
Parámetro	**Criterio**
Diámetro del revestimiento [µm]	125 ± 1,0
Diámetro del recubrimiento primario [µm]	242 ± 7,0
Error de concentricidad núcleo-revestimiento [µm]	≤ 0,6
No circularidad del revestimiento [%]	≤ 1,0
Error de concentricidad revestimiento-recubrimiento [µm]	≤ 12,0
Rizado de la fibra (radio de curvatura) [m]	≥ 4,0

Tabla 6. Propiedades geométricas de la fibra SM/NZDS ITU-T G.655

PROPIEDADES AMBIENTALES DE LAS FIBRAS MONOMODO DE DISPERSIÓN DESPLAZADA NO NULA ITU-T G.655		
Parámetro	**Condiciones**	**Criterio**
Variación de la atenuación por ciclo de temperatura [dB/Km]	Medida a 1.550 y 1.625 nm Entre –60 °C y +85 °C	≤ 0,05
Variación de la atenuación por ciclo de temperatura – humedad [dB/Km]	Medida a 1.550 y 1.625 nm Entre –10°C y +85°C Humedad relativa hasta 98 %	≤ 0,05
Variación de la atenuación por inmersión en agua [dB/Km]	Medida a 1.550 y 1.625 nm Inmersión en agua a 23 °C	≤ 0,05
Variación de la atenuación por envejecimiento por calor [dB/Km]	Medida a 1.550 y 1.625nm 85 °C	≤ 0,05

Tabla 7. Propiedades ambientales de la fibra SM/NZDS ITU-T G.655

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO DE DISPERSIÓN DESPLAZADA NO NULA ITU-T G.655	
Parámetro	**Criterio**
Prueba de resistencia mecánica a la tensión [kpsi]	≥ 100 (0,7 GPa) (Alargamiento ≥ 1%)
Fatiga dinámica (N_d)	≥ 20
Fuerza de pelado del recubrimiento [N]	1,3 - 8,9

Tabla 8. Propiedades mecánicas de la fibra SM/NZDS ITU-T G.655

3. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

3.1 Cables de Fibra Óptica a Suministrar para G.N.

Todos los cables de fibra óptica empleados por el G.N, son de estructura holgada, en los que las fibras se disponen en grupos de 4, 8, o 16 fibras según el caso, protegidas por un tubo holgado, no debiendo coexistir fibras monomodo estándar y fibras monomodo de dispersión desplazada no nula en un mismo tubo.

Según el número y tipo de fibras

Según el número y tipo de fibras ópticas, podemos tener los siguientes tipos de cables monomodo:

Cables de 24 fibras:

• Cables de 24 fibras con 24 fibras monomodo estándar (ITU-T G.652 D).

Cables de 64 fibras:

• Cables de 64 fibras = con 64 fibras monomodo estándar (ITU-T G.652 D)

Cables de 128 fibras:

• Cables de 128 fibras = con 112 fibras monomodo estándar (ITU-T G.652 D) y 16 fibras monomodo de dispersión desplazada no nula (ITU-T G.655C). Estas últimas se dispondrán en tubos holgados diferentes, no debiendo coexistir fibras monomodo estándar y fibras monomodo de dispersión desplazada no nula en un mismo tubo.

Cables de 256 fibras:

• Cables de 256 fibras = con 224 fibras monomodo estándar (ITU-T G.652 D) y 32 fibras monomodo de dispersión desplazada no nula (ITU-T G.655C). Estas últimas se dispondrán en tubos holgados diferentes, no debiendo coexistir fibras monomodo estándar y fibras monomodo de dispersión desplazada no nula en un mismo tubo.

MiniCable para soplado en ducto de 72 fibras :

• Cables de 72 fibras con 72 fibras monomodo estándar (ITU-T G.652 D).

Según el tipo de cubierta

Los cables de fibra óptica a suministrar para el expediente objeto del presente pliego dispondrá de una construcción con una cubierta dotada de protección contra los roedores y otros factores externos, incluyendo una armadura metálica de acero corrugado tipo PESP. En general la cubierta aplicada para todos ellos, desde el alma del cable tendrá la siguiente estructura:

• Primera Cubierta de polietileno (P).
• Protección metálica de acero corrugado.
• Segunda Cubierta de polietileno (P).

A continuación se determinan las características dimensionales, mecánicas y ambientales de los cables.

3.2 Elementos que forman el Cable

En los apartados que vienen a continuación se especifican las características que como mínimo deberán cumplir cada uno de los elementos que forman el cable.

Fibras ópticas

Todas las fibras del cable deberán ser de la misma tecnología. No deberán existir empalmes en la fibra en toda la longitud suministrada.

La primera protección de las fibras ópticas deberá estar coloreada de forma continúa según el código de colores indicado en el apartado 3.5 de este documento. El color de las fibras deberá ser fácilmente identificable. La transmisividad de la primera protección coloreada deberá ser conforme con la especificación de la fibra.

Las protecciones estarán libres de poros, grietas, abultamientos y otras imperfecciones. Su aspecto será suave, con brillo y tonalidad uniforme. Los colores serán intensos, opacos y fácilmente distinguibles.

Elemento central del cable

El elemento central, axial, soportará los esfuerzos de tracción sobre el cable durante las fases de tendido y uso, así como las tensiones mecánicas provocadas por variaciones térmicas. Asimismo, actuará como soporte para el cableado de los tubos portadores de las fibras ópticas y las varillas de relleno.

El material o materiales que formen el elemento central deberán satisfacer los siguientes criterios:

• Ser dieléctricos (Elemento de tracción central no metálico).
• Elevado módulo de Young (compresión elástica).
• Bajo coeficiente de dilatación térmica: de forma que las tensiones mecánicas derivadas de variaciones térmicas entre -5ºC y +60ºC no sean transmitidas a las fibras, por lo que debe presentar un coeficiente bajo de dilatación térmica.

• Reducido peso por unidad de longitud.
• Flexibilidad suficiente que permita al cable adaptarse a las curvaturas de las canalizaciones.

Para los cables tipo PESP (o PKESP) el material del elemento central será tipo F.R.P. (Fibra de vidrio con Resinas Poliéster) o similares.

Este elemento central puede utilizarse desnudo o recubierto con polietileno según la configuración de cada núcleo.

Relleno del alma

El alma o núcleo del cable se rellenará a alta presión con un compuesto hidrófugo, bloqueante del agua, de manera que ocupe todos los intersticios libres del alma. Este relleno deberá disponerse de forma continua en toda la longitud del cable para asegurar la hermeticidad longitudinal del cable de fibra óptica cumpliendo los requisitos exigidos sobre penetración del agua. Deberá cumplir las siguientes propiedades:

• Compatible con los demás materiales del cable.
• No tóxico.
• Fácilmente procesable.
• Insignificante efecto expansivo sobre las cubiertas.
• Limpieza relativamente fácil.
• Conservación de sus propiedades frente a cambios térmicos.

Como alternativa al relleno de gel, para evitar la penetración de agua a lo largo del alma del cable, se admitirá el uso de cabos de material bloqueante, hidroexpansible, dispuestos de forma helicoidal a lo largo del eje.

Tubos holgados de protección secundaria

El tipo de protección secundaria será de tubo holgado. El material del tubo y su acabado deberán cumplir los siguientes criterios:

• Protección secundaria holgada y plástica para las fibras.
• Elevado modulo de Young para pequeñas elongaciones.
• Grado de elasticidad suficientemente alto para admitir radios curvatura mínimos de 3 cm.
• Resistencia mecánica al quebrado de acuerdo a la norma EN 187000 Método 512 ó IEC-60794-1-2 método G7.
• Gran resistencia a la abrasión.
• Reducido coeficiente de fricción.
• Homogeneidad, estando libre de poros, grietas, abultamientos y otras imperfecciones.
• Uniformidad de las dimensiones transversales a lo largo del tubo.
• Conservación de las propiedades anteriores frente a cambios térmicos.

Las fibras ópticas se alojarán en forma holgada dentro de los tubos holgados (recubrimiento secundario). Cada tubo holgado podrá albergar 2, 4, 8 o 16 fibras ópticas, según la capacidad del cable. Para una identificación fácil y clara se dispondrán tubos de diferentes colores que deberán ser opacos e intensos y que estarán coloreados según lo especificado en el apartado 2.5.2 de este documento.

Los tubos deberán también estar rellenos en su interior de un compuesto hidrófugo, estable en el rango de temperaturas de operación y almacenamiento, que envuelva y proteja a las fibras, y que sea compatible con todos los elementos del cable con los que entre en contacto.

Los tubos se cablearán se dispondrán helicoidalmente en S-Z (en 1 ó 2 capas según se requiera) en torno al elemento central dieléctrico, conformando una capa de forma prácticamente cilíndrica. La distancia máxima entre inversiones en el cableado SZ será menor que 900 mm.

Si el proceso de fabricación así lo requiere, cada capa de tubos se fijará mediante dos o más ligaduras colocadas en forma helicoidal.

Esta disposición de fibras y tubos debe garantizar un desacoplo de esfuerzos mecánicos de tracción y compresión entre el cable y las fibras de forma que el cable cumpla con los requisitos de tracción, elongación de las fibras y ciclos de temperatura especificados.

Tubos de relleno

Cuando la geometría y la estructura del cable así lo requieran, se utilizarán varillas de relleno a modo de elementos de relleno en lugar de tubos holgados para rellenar el espacio vacío del núcleo.

El diámetro exterior de estas varillas será igual al diámetro externo de los tubos holgados, estarán hechas de un material que sea compatible con el resto de los materiales del cable y cumplirán las mismas propiedades mecánicas y térmicas que los tubos holgados. Todas las varillas de relleno serán del mismo color, el cual será diferente de los colores utilizados para los tubos holgados.

El tipo de cableado utilizado será el S-Z, del modo especificado anteriormente para los tubos de protección secundaria.

Envoltura del núcleo

Opcionalmente, el alma o núcleo del cable se recubrirá con una o varias cintas longitudinales de material dieléctrico. Esta envoltura protegerá el alma del cable en las fases posteriores de fabricación y servirá como barrera contra el agua y la humedad.

Deberá tener el espesor suficiente para garantizar la debida protección térmica del núcleo y estarán aplicadas en paso de hélice o longitudinalmente con un solapado del 10% o superior a 5 mm respectivamente para cada cinta. En caso de que se utilicen varias cintas se colocará cada una, como mínimo, en paso de hélice cerrada.

Para realizar el amarre del núcleo se dispondrán, sobre éste o sobre la cinta envolvente, dos cabos de material no higroscópico de forma helicoidal a lo largo del eje del alma que tendrán sentidos de giro contrarios.

Cubierta interna

La cubierta interna deberá cumplir las siguientes propiedades:

- **Espesor de cubierta interior de 1 mm.**

• Uniformidad de las dimensiones transversales de la cubierta a lo largo del cable.
• Homogeneidad de la cubierta, no presentando poros, rayas ni defecto alguno.
• Superficie lisa, de tonalidad y brillo uniforme.
• Se deberá ceñir ajustadamente con el elemento de refuerzo.

Esta cubierta se aplicará mediante un proceso de extrusión sobre el alma del cable, presentando densidad y alto peso molecular, tipo I, clase C y categoría 5.

Para los cables tipo TKT la cubierta interna del cable estará constituida por un material con características de retardante a la llama y baja emisión de humos, gases y halógenos, de forma que cumpla con la normativa correspondiente a los cables ignífugos.

Elementos de refuerzo

Directamente sobre la cubierta interna se dispondrá un elemento de refuerzo compuesto por hilaturas de fibras de aramida dispuestas en hélice a lo largo de todo el perímetro sobre la cubierta interna de polietileno, las cuales presentarán un alto módulo de elasticidad para conferir al cable el refuerzo a la tracción necesario y un bajo coeficiente de expansión térmica. Los cabos o hilaturas de aramida tendrán un número de tex ≥113000. Las ligaduras de aramida responderán a las características siguientes:

• Peso específico: 1,44 g/cm3.
• Módulo de elasticidad: ≥ 10^5 N/mm^2.
• Resistencia a la tracción o Carga de rotura: ≥ 2.300 N/mm^2.

Sobre la primera cubierta y entre las hilaturas se dispondrá un compuesto de relleno hidrófugo que confiera estanqueidad al cable, de características similares a las especificadas para el relleno del núcleo.

Armadura

En caso de solicitarse cable con armadura, sobre el elemento de refuerzo y bajo la cubierta externa, el cable irá recubierto por una armadura de acero corrugado para la protección contra los roedores y otros factores externos.

Cubierta externa

El cable deberá disponer de una cubierta externa continua, sin empalmes, compuesta de polietileno por polietileno negro, de alta densidad y alto peso molecular, tipo II, clase C y categoría 4, estable frente a los UV, resistente a la intemperie y cuyo espesor será de 1,5 mm.

La cubierta deberá cumplir las siguientes propiedades:

- **Espesor de cubierta exterior de 1,5 mm.**
- Uniformidad de las dimensiones transversales de la cubierta a lo largo del cable.
- Homogeneidad de la cubierta, no presentando poros, rayas ni defecto alguno.
- Superficie lisa, de tonalidad y brillo uniforme.
- Se deberá ceñir ajustadamente al elemento de refuerzo.

Hilos de rasgado

Debajo de cada una de las dos cubiertas se dispondrá un cordón de rasgado, previamente impregnado en compuesto de relleno para evitar el paso del agua. El cordón tendrá la suficiente consistencia como para rasgar la cubierta, ya sea la interna o la externa, sin romperse.

Los hilos de rasgado deberán ser fácilmente distinguibles de cualquier otro componente, como los hilos de aramida.

Aspecto del cable

El aspecto exterior del cable debe ser uniforme en toda su longitud. En ningún caso deberá presentar poros, grietas o cualquier otro tipo de defecto o imperfección. A

este respecto se valorará como sobreprestación cualquier característica adicional a las exigidas en el presente pliego.

Código de colores

Las fibras ópticas y los tubos de protección secundaria se colorearán según el código de colores que se muestra en el capitulo 2.5. relativo al código de colores incluido en este anexo.

3.3 Parámetros de Obligado cumplimiento del Cable

3.3.1 Cables tipo PESP o PKESP

Los cables con cubierta PESP o PKESP destacan por incorporar en su cubierta una armadura de acero corrugado que les dota de protección fundamentalmente contra roedores.

Todo esto los hace especialmente adecuados para aplicaciones de planta externar en canalización subterránea, allí donde es fundamental garantizar la integridad del cable frente a ataques de roedores.

Construcción del cable

Para los cables tipo PESP o PKESP se dispone una armadura o cinta de acero corrugado, entre las dos cubiertas de polietileno que añade al mismo una mayor resistencia frente a factores externos como los indicados.

El cable con cubierta PKESP incluye además cabos de aramida como elementos de refuerzo a la tracción. Ambos deberán cumplir lo indicado anteriormente en relación a los elementos que forman el cable, que a modo de resumen son:

Cable con cubierta PESP

1. **Elemento central de refuerzo (E.C.R)**, realizado con material dieléctrico compuesto de fibra de vidrio (F.R.P) rodeado de un material de tipo gel hidrófugo bloqueante del agua que rellenará todos los intersticios del alma del cable.
2. **Tubos Activos Holgados de PBT**, conteniendo fibra óptica y tubos pasivos cableados en S-Z en torno al E.C.R. y recubiertos con gel hidrófugo bloqueante del agua.
3. **Primera cubierta de polietileno**, de espesor no inferior a 1 mm.
4. **Acero copolímero corrugado** como elemento de refuerzo a la tracción y protección antirroedores.
5. **Segunda cubierta de polietileno**, de espesor no inferior a 1,5 mm.

Dimensiones del cable

Las medidas del cable ofertado por el licitador satisfarán como mínimo las indicadas en las siguientes tablas, y serán tomadas como valores de obligado cumplimiento para los cables suministrados.

El fabricante deberá adjuntar en la Oferta Técnica los valores nominales y tolerancias de las dimensiones del cable que oferta, indicando los parámetros incluidos en la tabla:

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DE LOS CABLES TIPO PESP

Parámetro	Criterio por tipo de cable (valor nominal)				
	16/24 fibras	64 fibras	96 fibras	128 fibras	256 fibras
Diámetro del elemento central (mm)	2,4	3,0	3,0	3,0	3,0
Diámetro exterior del tubo holgado (mm)	2,3	2,3	2,5	2,8	2,8
Diámetro interior del tubo (mm)	1,2	1,5	1,7	1,9	1,9
Espesor de la cubierta interna (mm)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Espesor de la cubierta externa (mm)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Diámetro exterior del cable (mm)	14,5	16,3	19,5	20,5	21,5
Peso (Kg/Km)	180	240	290	310	330

Propiedades Mecánicas y Ambientales

Las especificaciones mínimas que deberá cumplir el cable y que son de obligado cumplimiento por parte del licitador son las indicadas en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CABLE TIPO PESP		
Parámetro	**Método de Ensayo**	**Criterio de Aceptación**
Tracción Máxima	IEC 794-1-E1	2700 N
Resistencia al aplastamiento	IEC 794-1-E3	30 N/mm
Resistencia al impacto	IEC 794-1-E4	10 J
Ciclo térmico en operación	IEC 794-1-F1	-30 ºC / +70ºC
Curvatura	IEC 794-1-E11, proc.1	20 x diámetro del cable
Penetración de agua	IEC 794-1-F5	Lp agua ≤3 m, 24h (Bajo 1ª cubierta)

Cable con cubierta PKESP

1. **Elemento central de refuerzo (E.C.R)**, realizado con material dieléctrico compuesto de fibra de vidrio (F.R.P) rodeado de un material de tipo gel hidrófugo bloqueante del agua que rellenará todos los intersticios del alma del cable.
2. **Tubos Activos Holgados de PBT**, conteniendo fibra óptica y tubos pasivos cableados en S-Z en torno al E.C.R. y recubiertos con gel hidrófugo bloqueante del agua.
3. **Primera cubierta de polietileno**, de espesor no inferior a 1 mm.

4. **Cabos de aramida** como elemento de refuerzo a la tracción en disposición trenzada alrededor de la primera cubierta de polietileno.

5. **Acero copolímero corrugado** como elemento de refuerzo a la tracción y protección antirroedores.

1. **Segunda cubierta de polietileno**, de espesor no inferior a 1,5 mm.

Dimensiones del cable

Las medidas del cable ofertado por el licitador satisfarán como mínimo las indicadas en las siguientes tablas, y serán tomadas como valores de obligado cumplimiento para los cables suministrados.

El fabricante deberá adjuntar en la Oferta Técnica los valores nominales y tolerancias de las dimensiones del cable que oferta, indicando los parámetros incluidos en la tabla:

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DE LOS CABLES TIPO PKESP

Parámetro	Criterio por tipo de cable (valor nominal)				
	16/24 fibras	64 fibras	96 fibras	128 fibras	256 fibras
Diámetro del elemento central (mm)	2,4	3,0	3,0	3,0	3,0
Diámetro exterior del tubo holgado (mm)	2,3	2,3	2,5	2,8	2,8
Diámetro interior del tubo (mm)	1,2	1,5	1,7	1,9	1,9
Espesor de la cubierta interna (mm)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Espesor de la cubierta externa (mm)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Diámetro exterior del cable (mm)	15	18	20,5	21,5	22,5
Peso (Kg/Km)	190	260	300	320	340

Propiedades Mecánicas y Ambientales

Las especificaciones mínimas que deberá cumplir el cable y que son de obligado cumplimiento por parte del licitador son las indicadas en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CABLE TIPO PKESP		
Parámetro	**Método de Ensayo**	**Criterio de Aceptación**
Tracción Máxima	IEC 794-1-E1	2700 N
Resistencia al aplastamiento	IEC 794-1-E3	30 N/mm
Resistencia al impacto	IEC 794-1-E4	10 J
Ciclo térmico en operación	IEC 794-1-F1	-25 ºC / +70ºC
Curvatura	IEC 794-1-E11, proc.1	15 x diámetro del cable
Penetración de agua	IEC 794-1-F5	Lp agua ≤3 m, 24h (Bajo 1ª cubierta)

3.3.2 Minicable de 72 FO para soplado por ducto

El minicable para soplado por ducto destaca por su reducido diámetro, bajo peso y elevada flexibilidad, eliminando la cubierta externa y elementos de refuerzo ya que no están diseñados para instalación mediante tiro sino para instalarlos mediante máquina de soplado.

Todo esto los hace especialmente adecuados para el soplado por el interior de microductos previamente instalados para aplicaciones de planta externar en canalización subterránea, los cuales ofrecen al minicable la protección necesaria frente a elementos externos

Construcción del cable

El minicable presenta una construcción de estructura holgada alrededor de un elemento central formada por varios tubos holgados en disposición SZ, rellenos con gel y protegidos con elementos bloqueantes del agua. Todo ello que protegido mediante una cubierta externa de polietileno adecuada para la técnica de soplado.

Minicable para soplado

1. **Elemento central de refuerzo (E.C.R),** realizado con material dieléctrico compuesto de fibra de vidrio (F.R.P) rodeado de un material de tipo gel hidrófugo bloqueante del agua que rellenará todos los intersticios del alma del cable.

2. **Tubos Activos Holgados de PBT**, conteniendo fibra óptica y tubos pasivos cableados en S-Z en torno al E.C.R. y recubiertos con gel hidrófugo bloqueante del agua.

3. **Cubierta de polietileno**, de espesor no inferior a 1 mm

4. Dimensiones del cable

Las medidas del cable ofertado por el licitador satisfarán como mínimo las indicadas en las siguientes tablas, y serán tomadas como valores de obligado cumplimiento para los cables suministrados.

El fabricante deberá adjuntar en la Oferta Técnica los valores nominales y tolerancias de las dimensiones del cable que oferta, indicando los parámetros incluidos en la tabla:

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DEL MINICABLE DE 72FO	
Parámetro	**72 fibras**
Diámetro exterior del MINICABLE (mm)	6,1
Peso (Kg/Km)	30
Distancia típica de soplado (metros)	1.400
Número de fibras	72
Tipo de fibra	Monomodo ITU-T G.652D
Número de tubos	6
Número de fibras por tubo	12

3.4 Marcado de la cubierta externa del cable

El cable se identificará con tinta blanca o amarilla que sea resistente al agua y a la abrasión. El cable se identificará a intervalos equidistantes no superiores a 1 metro con los siguientes campos:

• Fabricante del cable.
• Año de fabricación.
• Número de fibras seguido de las letras FO, según corresponda de acuerdo a como se indica en la siguiente tabla:

NÚMERO DE FIBRAS EN EL CABLE	MARCADO
24 fibras	24 G.652 D FO
64 fibras (64xG.652 D)	64 G.652 D FO
128 fibras (112 xG.652 D + 16xG.655C)	112 G.652 D + 16 G.655C FO
256 fibras (224xG.652 D + 32xG.655C)	224 G.652 D + 32 G.655C FO

Tabla 15. Marcado del número de fibras en la cubierta del cable

• Tipo de cable según denominación del fabricante, indicando tipo de cubierta interior - elemento de refuerzo - cubierta exterior;: ejemplos: (P-K-P) ó (T-K-T).

• Metraje acumulativo (con error no superior al 1%), anteponiendo la inicial M.

• Propietario del cable con el texto "**NASERTIC-GN**"

3.5 Código de Colores

3.5.1 Para las Fibras

El código de colores que se seguirá para distinguir las fibras será el que se muestra a continuación:

FIBRA	COLOR DE LA FIBRA
1	Verde
2	Rojo
3	Azul
4	Amarillo
5	Gris
6	Violeta
7	Marrón
8	Naranja

Tabla 16. Código de colores utilizado

3.5.2 Para los tubos

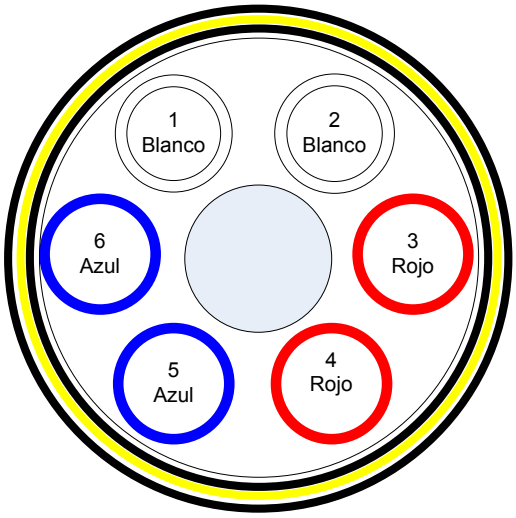
Para los tubos se utilizarán los colores blanco, rojo, azul y verde que identificarán cada tubo y el sentido de giro. Estos colores se pintarán con un material duradero y brillante que los haga fácilmente distinguibles.

Los tubos de color verde contendrán las fibras de dispersión desplazada no nula del cable.

A continuación se exponen **los códigos de colores que obligatoriamente se deberán utilizar para cada tipo de cable concreto**, independientemente de cual sea el tipo de construcción del mismo:

Cable de 24 fibras ópticas (24xG.652 D)

• Cables de 24 fibras ópticas: contendrán seis tubos holgados de 4 fibras ópticas cada uno (dos tubos blancos, dos tubos rojos y dos tubos azules), del modo indicado a continuación:



TUBOS	**Nº de Tubos** **Nº de fibras por tubo**	**6** **4**
Código de colores de las fibras en cada tubo	Fibra nº1: Verde Fibra nº2: Rojo	Fibra nº3: Azul Fibra nº4: Amarillo
Código de colores de los tubos	Blanco – Rojo – Azul (fibra G.652D)	

Cable de 64 fibras ópticas (64xG.652 D)

• Cables de 64 fibras ópticas según norma G.652 D: contendrán dos tubos blancos, tres rojos y tres azules, del modo indicado a continuación:

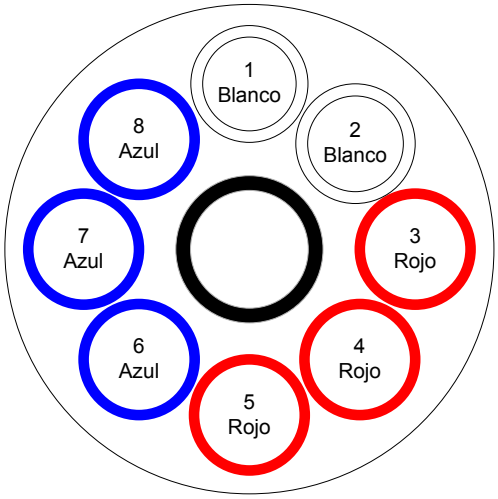


Figura 3 – Código de colores tubos del cable de 64 fibras (64x G.652 D)

TUBOS	Nº de tubos Nº de fibras por tubo	8 8
Código de colores de las fibras en cada tubo	Fibra nº 1: Verde Fibra nº 2: Rojo Fibra nº 3: Azul Fibra nº 4: Amarillo	Fibra nº 5: Gris Fibra nº 6: Violeta Fibra nº 7: Marrón Fibra nº 8: Naranja

Tabla 18. Tubos y código de colores para el cable de 64 fibras (64xG.652)

128 fibras ópticas (16xG.655C + 112xG.652D)

- **Cable de 128 fibras ópticas**, con estructura holgada compuesta por 16 tubos de 8 fibras ópticas por tubo, de los cuales 2 (de color verde) contendrán fibras de dispersión desplazada según norma G.655C y el resto contendrán las fibras según norma G.652D, totalizando 16 fibras según norma G.655C y 224 fibras según norma G.652.D.

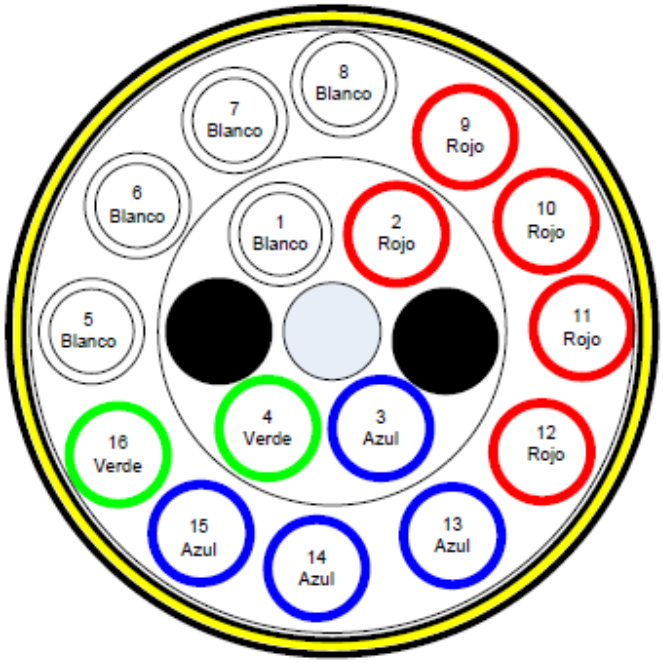
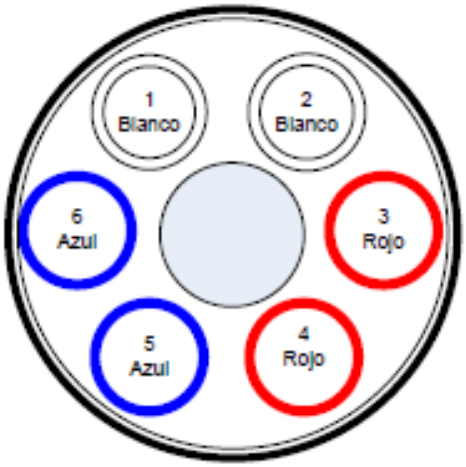


Figura 8.- Código de colores tubos del cable de 128 fibras (112xG.652 D + 16xG.655C)

TUBOS	Nº de Tubos Nº de fibras por tubo	16 16
Código de colores de las fibras en cada tubo	Fibra nº1: Verde Fibra nº3: Azul Fibra nº5: Gris Fibra nº7: Marrón	Fibra nº2: Rojo Fibra nº4: Amarillo Fibra nº6: Violeta Fibra nº8: Naranja
Código de colores de los tubos	Blanco – Rojo – Azul (fibra G.652D) Verde (fibra G.655C)	

Minicable de 72 ópticas (72xG.652D)

- **Cable de 72 fibras ópticas**, con estructura holgada compuesta por 6 tubos de 12 fibras ópticas por tubo, que contendrán las fibras según norma G.652.D.



TUBOS	Nº de Tubos Nº de fibras por tubo	6 12
Código de colores de las fibras en cada tubo	Fibra nº1: Verde Fibra nº2: Rojo Fibra nº3: Azul Fibra nº4: Amarillo Fibra nº5: Gris Fibra nº6: Violeta	Fibra nº7: marrón Fibra nº8: Naranja Fibra nº9: Negro Fibra nº10: Negro Fibra nº11: Rosa Fibra nº12: Turquesa
Código de colores de los tubos	Blanco – Rojo – Azul (fibra G.652D)	

4. EMBALAJE DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Se utilizarán bobinas de madera especiales para cables de fibra óptica. El diámetro del tambor será como mínimo de 30 veces el diámetro del cable. Las bobinas de madera serán de la suficiente calidad para asegurar la integridad del cable durante las fases de transporte, almacenamiento e instalación.

Se dispondrá en las alas de la bobina de forma clara y visible la siguiente información:

- Nombre del fabricante.
- Inscripción de "CABLE ÓPTICO".
- Sentido de giro de la bobina.
- Identificación de la bobina por parte del fabricante.
- Identificación de la bobina por parte del comprador.
- Fecha y lote de fabricación.
- Tipo y composición del cable.
- Longitud del cable.
- Marca de metraje de la punta interna.
- Peso bruto de la bobina de cable.
- Peso neto de la bobina.

Los dos extremos del cable irán firmemente asegurados de modo que no se produzca ni movimiento ni corrimiento del cable durante las fases de transporte, manipulación o tendido.

Las dos puntas del cable se sellarán mediante un cierre hermético. La punta interna se arrollará en la arromán correspondiente de manera que resulten accesibles, al menos, 5 metros de cable para medidas. Las puntas interiores y exteriores serán accesibles y se sellarán con capuchones estancos que impidan la entrada y propagación de la humedad a lo largo del cable. Los dos extremos del cable irán firmemente

asegurados, de modo que no se produzca movimiento alguno ni corrimiento de espiras durante el transporte, manipulación o tendido.

Se colocará una duela de color rojo sobre el lugar donde se encuentre la punta interna y, para facilitar la medida, se procurará que la punta externa esté colocada junto a la interna. De no ser esto posible, la atadura de la punta externa se fijará al ala junto a la de la punta interna. La última vuelta del cable en la bobina no debe superar el diámetro de la arromán de manera que la distancia del cable a las duelas no sea nunca inferior a 50 mm.

Junto a las bobinas se incluirán los siguientes datos:

- Referencia de la unidad.
- Lote y fecha de fabricación.
- Identificación del pedido.
- Peso bruto y neto.

5. PRUEBAS DE CALIDAD SOBRE EL SUMINISTRO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA

En el presente capítulo se detallan las medidas que deberán realizarse en fábrica tanto al cable como a la fibra óptica suministrados, así como los certificados de homologación que deberán presentarse para verificar que el suministro cumple las especificaciones dadas en el presente pliego.

5.1 Medidas sobre la fibra óptica

Las mediciones se realizarán en el 100% de las fibras suministradas. Al final de las pruebas, éstas serán entregadas a NASERTIC en formato electrónico y papel, de acuerdo con lo especificado en el anexo correspondiente a la documentación a entregar.

A continuación se detallan las medidas y comprobaciones que el adjudicatario deberá realizar sobre la fibra óptica.

Atenuación

Mediante estas pruebas se obtendrán las pérdidas de potencia que sufre la luz en su recorrido a través de la fibra, siendo medidas en dB/Km.

Para cada una de las fibras que constituyen los cables suministrados, las medidas deberán realizarse a las longitudes de onda determinadas en la siguiente tabla, debiendo obtenerse valores inferiores a los límites indicados:

TIPO DE FIBRA	LONGITUD DE ONDA	ATENUACIÓN LÍMITE (α_T)
Monomodo estándar (ITU-T G.652)	1.310 nm	≤ 0,36 dB/Km
	1.550 nm	≤ 0,23 dB/Km
Monomodo dispersión desplazada no nula (ITU-T G.655)	1.550 nm	≤ 0,25 dB/Km
	1.625 nm	≤ 0,25 dB/Km

Tabla 25. Atenuación de fibra monomodo en función de la longitud de onda.

Estas medidas serán realizadas mediante cualquiera de los métodos que a tal efecto establece la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de la fibra cortada.
- Técnica de la pérdida de inserción.
- Técnica de retroesparcimiento (OTDR).

En caso de emplear la técnica de retroesparcimiento, se deberá especificar el índice de refracción y anchura del pulso empleados en la medición. Si se dieran varias pendientes a lo largo del tramo medido se deberá dejar constancia de este hecho, lo

mismo que si se diese la aparición de algún punto singular. Se analizarán las posibles causas de estos puntos singulares.

Atenuación espectral de las fibras

Esta medida se realizará para conocer, exactamente, la atenuación de las fibras en el espectro óptico considerado. Se utilizará el método de la fibra cortada, recogido en la norma ITU-T G.650.

Las medidas realizadas deberán asegurar que el cambio máximo de atenuación en cada ventana queda por debajo de lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar. Las mediciones únicamente se realizarán en las ventanas indicadas en dichas especificaciones para cada tipo de fibra.

Se valorará que en la banda 1.525-1.625 nm se compruebe la atenuación de las fibras ITU-T G.655C a intervalos de 50 GHz (0,4 nm), comenzando en 196,10 THz (1.528,77 nm).

Diámetro del campo modal

El diámetro de campo modal (MFD-Mode Field Diameter) de una fibra monomodo representa una medida del alcance transversal de la intensidad de campo electromagnético en una sección transversal.

Para fibras monomodo estándar (ITU-T G.652 D) las medidas se realizarán a 1.310 y 1.550 nm, mientras que para las fibras monomodo de dispersión desplazada no nula (ITU-T G.655C), únicamente se realizará la medida a 1.550 nm.

Los valores obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar. En aquellos casos en los que el diámetro de campo modal se especifique por medio del valor

nominal y de una tolerancia, los valores de aceptación de la fibra para este parámetro vendrán determinados por el valor nominal ofertado por el fabricante (que deberá estar incluido en el rango determinado en el citado anexo), con la tolerancia máxima indicada en el presente pliego.

La medida se realizará por cualquiera de los métodos especificados en la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de exploración de campo lejano.
- Técnica de apertura variable.
- Técnica de exploración del campo próximo.
- Técnica de diferencia de retrodispersión bidireccional.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

Longitud de onda de corte

Este parámetro corresponde a la longitud de onda más pequeña a la que se propaga un único modo en el interior de la fibra óptica. A longitudes de onda inferiores a la longitud de la onda de corte la fibra se comporta como multimodo.

La medición realizada determinará la longitud de onda de corte de la fibra cableada (λcc). Los valores obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

Para determinar este parámetro se seguirá uno de los dos procedimientos establecidos por la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de la potencia transmitida.
- Método de prueba alternativo.

De forma alternativa, para la determinación de este parámetro se admitirá obtener la longitud de onda de corte de la fibra (λc) por medio de cualquiera de los dos métodos establecidos a tal efecto en la norma ITU-T G.650:

• Técnica de la potencia transmitida.
• Técnica del mandril dividido.

En base a la medida obtenida se deberá justificar que la longitud de onda de corte de la fibra cableada permanece por debajo del valor establecido en el pliego.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

Dispersión cromática

La dispersión cromática es un fenómeno producido por las diferentes velocidades de propagación de las diversas longitudes de onda que conforman un pulso de luz, haciendo que éste se ensanche. El efecto que produce es una limitación en el ancho de banda que se puede transmitir por la fibra.

Los resultados obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

La medida será realizada por cualquiera de los métodos que se determinan en la recomendación ITU-T G.650:

• Técnica del desplazamiento de fase.
• Técnica interferométrica.
• Técnica de retardo de los impulsos.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

Dispersión por modo de polarización

Este parámetro (PMD – Polarization Mode Dispersion) es un tiempo de retardo del grupo diferencial entre dos modos polarizados ortogonalmente, que causa distorsiones en la transmisión de la información. Las fibras reales no son perfectamente circulares, por lo que la luz propagada se divide en dos modos de polarización que viajan a velocidades diferentes. Las características de esta asimetría varían aleatoriamente a lo largo del tiempo, lo cual determina un comportamiento estadístico de la PMD.

Los resultados obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

Este parámetro se obtendrá mediante cualquiera de los métodos determinados en la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de evaluación de parámetros de Stokes.
- Método del estado de polarización.
- Técnica interferométrica.
- Técnica del analizador fijo.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

Área efectiva

NASERTIC se reserva el derecho de solicitar la medición de este parámetro en las fibras de dispersión desplazada no nula (ITU-T G.655C), siguiendo cualquiera de los métodos establecidos a tal efecto en la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de exploración del campo lejano.
- Técnica de apertura variable.
- Técnica de exploración del campo cercano.

Diámetro del revestimiento de la fibra, error de concentricidad del campo modal y no circularidad del revestimiento

Para la obtención de estos parámetros se seguirá uno de los métodos especificados a tal efecto en la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de la imagen del campo próximo transmitido.
- Técnica del campo próximo refractado.

• Técnica de visión lateral.
• Técnica de imagen del campo próximo transmitido.

Los resultados obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

Prueba mecánica de recepción de las fibras ópticas con recubrimiento primario

El procedimiento se ajustará al Método de Tensión Longitudinal, especificado en la recomendación ITU-T G.650.

Para comprobar si la fibra ha sufrido daños se realizará una inspección visual y medición mediante OTDR.

Los resultados obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

5.2 Medidas sobre el Cable

Las medidas y las comprobaciones que se realizarán sobre el cable son las siguientes:

Inspección visual

Se comprobará el buen estado de la bobina y del cable. Ambos deberán poseer las correspondientes marcas de identificación, con la información determinada en el presente pliego.

Asimismo, deberá certificarse que los siguientes aspectos cumplen las especificaciones determinadas en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas del cable de fibra óptica a suministrar:

• Marcado de la cubierta externa.

• Estructura del cable.
• Código de colores de las fibras y los tubos de protección secundaria.

Medidas geométricas

Se realizarán las siguientes medidas dimensionales:

• Diámetro del elemento central.
• Diámetros interior y exterior de los tubos de protección secundaria.
• Espesores de las cubiertas interna y externa.
• Diámetro exterior del cable.
• Peso del cable en Kg/Km.

Los valores obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas del cable de fibra óptica a suministra.

Resistencia al quebrado de los tubos holgados (kinking)

De acuerdo a la norma EN 187000 Método 512 ó IEC-60794-1-2 método G7 .

El propósito de esta prueba es determinar la habilidad, de los tubos holgados que contienen las fibras ópticas, de soportar los esfuerzos mecánicos que se van a presentar durante el empalmado de las fibras y posterior colocación de los tubos en las cajas de empalme, determinando el diámetro mínimo de lazo que admitirán los tubos sin que se produzca el quebrado.

Los tubos sobre los que se hace la prueba se toman del cable sometido a ensayos.

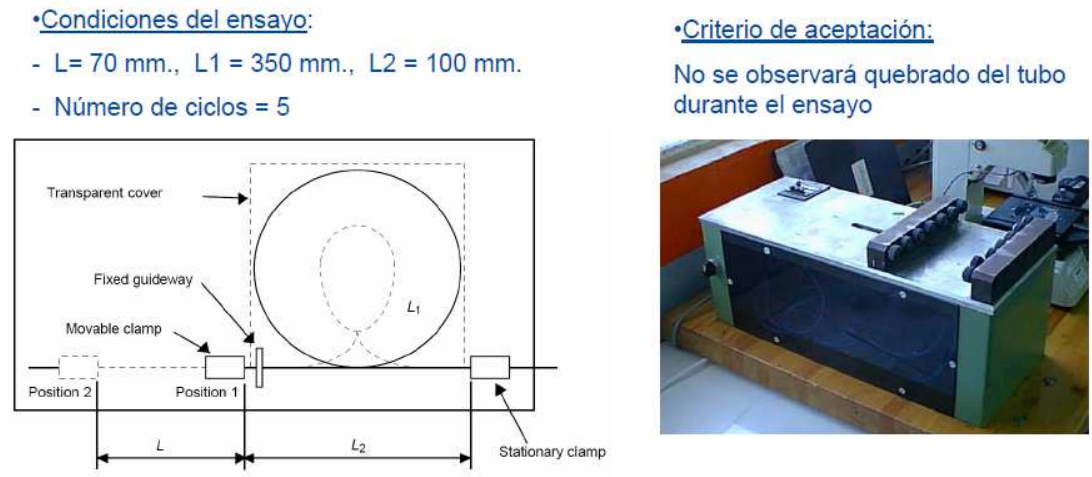


Figura 13.- Prueba de resistencia al quebrado de los tubos holgados.

Fluidez del compuesto de relleno

Se cortará una muestra de cable de unos 30 cm. de longitud. Se retirarán 14 cm. de la cubierta interior y 7,5 cm. del laminado y envolventes, dejando expuesto el núcleo impregnado del compuesto de relleno. A continuación se retirarán las ligaduras y se separarán los tubos holgados.

La muestra se suspenderá verticalmente con los tubos hacia abajo en el interior de una estufa de circulación de aire a 70ºC. Se situará una bandeja en la parte inferior de la estufa para observar si se produce goteo al cabo de 24 horas.

La prueba se considera satisfactoria si no se produce goteo del compuesto de relleno.

Resistencia a la tracción y alargamiento de la cubierta

Se tomará una cubierta y se cortará longitudinalmente con un troquel especial (según VDE-472).

Sobre varios puntos de la zona más estrecha de la probeta se medirá el espesor con aproximación de 0,001 mm, registrando el valor medio y la sección de la probeta en mm2.

Se utilizará un equipo de tracción adecuado con escala hasta 500 N, que permitirá regular su velocidad uniformemente. Para la lectura directa del alargamiento se acoplará un extensiómetro de pinzas, con una distancia entre pinzas de 25,4 mm.

Se colocará la muestra en el dinamómetro formando 90º entre el eje de la probeta y el eje horizontal de las mordazas. Se seleccionará una velocidad de separación entre mordazas de 250 mm/minuto.

En el momento de rotura de la probeta se registrará el valor de la carga (en N) así como el del alargamiento, que vendrá dado por el extensiómetro aplicado sobre la zona estrecha de la probeta.

La resistencia a la tracción se calcula con la siguiente expresión:

$$R.T.(N/mm^2) = \frac{Carga\ \ rotura(N)}{Sección\ \ de\ \ la\ \ probeta\ \ (mm^2)}$$

El alargamiento a la rotura, expresado en %, será indicado por la lectura directa del tensiómetro en el momento de la rotura. Su valor vendrá determinado por la siguiente expresión:

$$Al\arg amiento(\%) = \frac{(L - L_o)\times 100}{L_o}$$

L = Longitud entre mordazas en el instante de la rotura

Lo = Longitud inicial entre mordazas

Los valores de aceptación serán los siguientes:

• Resistencia a la tracción: no deberá ser inferior a 12,0 N/mm2.

• Alargamiento: no será inferior al 400%.

El ensayo se repetirá sobre una probeta envejecida en el horno durante 48 horas a 100±1 ºC, siendo los valores de aceptación el 75% de los correspondientes a las muestras sin envejecer.

Estanqueidad

La prueba se ajustará a la norma IEC 60794-1-F5 bajo el método EN 187000 Método 605, preparándose una muestra de 3 metros de longitud del cable que se desea ensayar. Se desarma el cable colocándose un cierre prensa-estopas herméticamente sobre el conjunto.

La muestra preparada y estabilizada a la temperatura de 20 ºC se colocará en posición horizontal, suministrando agua al cierre a una presión hidrostática de una columna de 1 metro de altura, durante un tiempo de 24 horas. Si no existe flujo de agua por el extremo abierto, se considerará el cierre estanco.

A la hora de disponer la muestra, se pueden emplear dos métodos tal y como indica la figura:

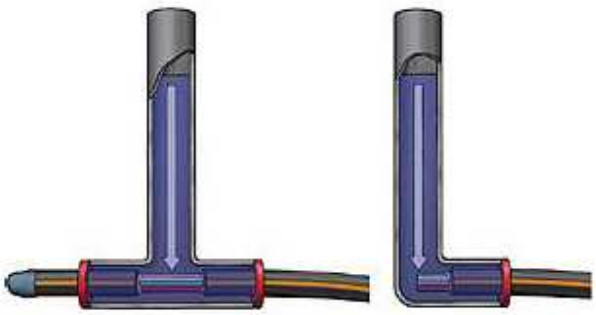


Figura 14.- Disposición de la muestra de cable según EN 187000 Método 605 (A y B).

Para poder observar visualmente hasta qué punto alcanza el flujo de agua, podrá añadirse al agua una cantidad suficiente de fluoresceina (solución al 0,1 %). En tal caso, una vez transcurrido el tiempo especificado, la muestra se examinará con luz ultravioleta, detectando hasta dónde ha penetrado el agua.

Tracción

Se trata de un método no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-E1 bajo el método EN 187000 Método 501, que se aplicará en condiciones ambientales tanto de presión como de temperatura. Se utilizará una muestra de cable de unos 40 m extraída de la bobina y sin cortar.

Se someterá esta longitud a la máxima tensión de tiro especificada (3.000 N) para el cable de fibra óptica y se medirá la atenuación de la fibra a 1.310 nm y 1.550 nm (las fibras G.655C sólo se medirán a 1.550 nm). El incremento no deberá ser superior a 0,05 dB/Km respecto a la atenuación existente en ausencia de tensión.

El tiempo de aplicación de la tensión de tiro no será inferior a 10 minutos.
A continuación se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

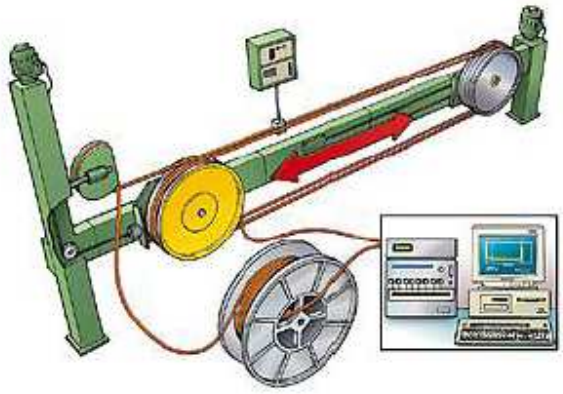


Figura 15.- Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 501.

Cuando finalice la prueba se comprobará que en la cubierta del cable no se aprecian fisuras o deformaciones permanentes apreciables.

Curvaturas

Es un método no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-E11 bajo el método EN 187000 Método 507. La prueba se llevará a cabo en condiciones normales de presión y temperatura.

Se bobinará el cable, sin cortar de la bobina, sobre un mandril de radio 10 veces el radio del cable. Se darán 10 vueltas sobre el mandril. Después se desbobinará el cable del mandril, y se rebobinará de nuevo en su bobina de origen. Estas operaciones se repetirán hasta en 5 ocasiones.

Tras el primer bobinado (cuando el cable esté en el mandril) se medirá la atenuación de una fibra a las longitudes de onda de 1.310 nm y 1.550 nm (las fibras G.655C sólo se medirán a 1.550 nm), no debiendo producirse un incremento superior a 0,05 dB sobre el valor original.

Una vez finalizada la prueba se medirá la atenuación de la misma fibra antes medida, no debiendo producirse un incremento superior a 0,05 dB. Asimismo se realizará una inspección visual sobre la cubierta del cable, al objeto de comprobar que durante la prueba no se han producido en ella deformaciones ni fisuras de ningún tipo.

A continuación se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

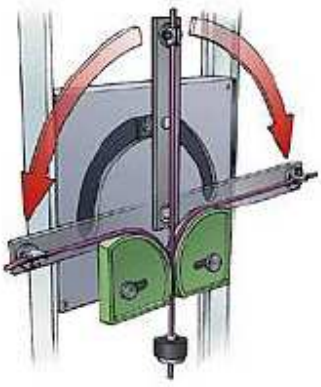


Figura 16.- Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 507.

Aplastamiento

Es un método no destructivo, expuesto en la norma IEC 60794-1-E3 bajo el método EN 187000 Método 504, que se aplicará en condiciones ambientales tanto de presión como de temperatura. La prueba se realizará sobre una muestra de cable de 10 cm. sin cortar de la bobina bajo prueba.

La muestra de cable se colocará entre dos placas de acero con los bordes redondeados, de forma que no sea posible el desplazamiento lateral. La carga se aplicará gradualmente y sin cambios bruscos sobre la placa superior, de dimensiones 100 mm x 100 mm. Si la carga se aplica en intervalos, éstos no deberán exceder la relación 1,5:1.

El aplastamiento que debe soportar el cable será de 3.000 N en 100 mm (3 Kg/mm). Se realizará la medida de atenuación de las fibras del cable a 1.310 nm y a 1.550 nm (las fibras G.655C sólo se medirán a 1.550 nm) sin que el incremento en supere en 0,05 dB el valor original.

A continuación se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

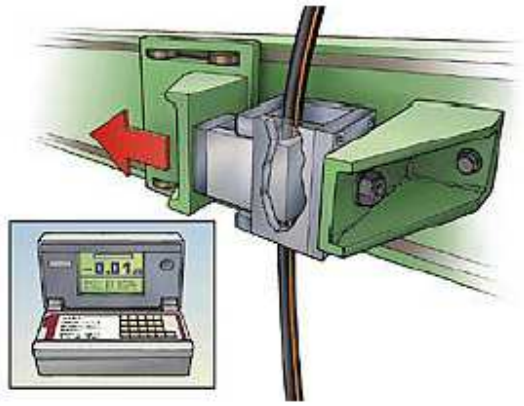


Figura 17.- Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 504.

Ciclos térmicos

Este método será no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-F1 bajo el método EN 187000 Método 601, realizándose la prueba sobre una bobina completa. Ésta se introducirá en una cámara climática, donde se le aplicarán temperaturas que oscilen entre –30 ºC y +70 ºC.

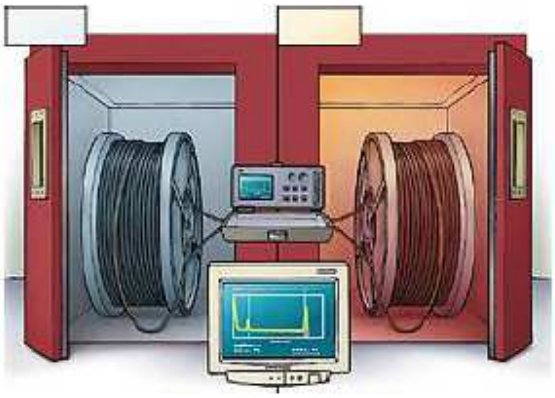


Figura 18.- Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 601.

Se realizarán dos ciclos térmicos completos que abarquen todo el rango de temperaturas. El tiempo de permanencia en las temperaturas extremas será de ocho horas, mientras que la velocidad de variación máxima será de 0,5 ºC/minuto.

Se medirá la atenuación de cada una de las fibras en cada ciclo de temperatura, no debiendo producirse incrementos superiores a 0,05 dB/Km a las longitudes de onda de 1.310 nm y 1.550 nm (las fibras G.655C sólo se medirán a 1.550 nm) durante todas las fases de los ciclos y al final de los mismos.

Impacto

Es un método no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-E4 bajo el método EN 187000 Método 505, que se aplicará en condiciones ambientales tanto de presión como de temperatura. Se realizará sobre una muestra de cable de sin cortar de la bobina.

La muestra se colocará sobre una base plana de acero, sobre la que se dejará caer un peso de 0,5 Kg colocado a 1 m de altura, lo que supone una energía de 5J sobre el cable sometido.

La prueba se realizará para un impacto así como para series de impactos consecutivos.

Finalizada la prueba se medirá la atenuación de las fibras, no debiendo producirse incrementos superiores a 0,05 dB a las longitudes de onda de 1.310 nm y 1.550 nm (las

fibras G.655C sólo se medirán a 1.550 nm). Asimismo, se deberá comprobar que la cubierta no ha sufrido deformaciones ni fisuras de ningún tipo.

A continuación se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

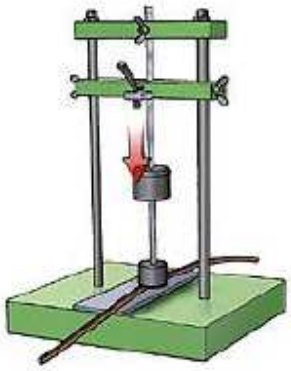


Figura 19.- Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 505.

Torsión

Se deberá aplicar en condiciones ambientales tanto de presión como de temperatura. La prueba se realizará de acuerdo a la norma IEC 60794-1-E7 bajo el método EN 187000 Método 508, sobre una muestra de cable de 1 m de longitud extraída de la bobina y sin cortar. Con los extremos fijos se realizarán torsiones de ±180º realizando 5 ciclos.

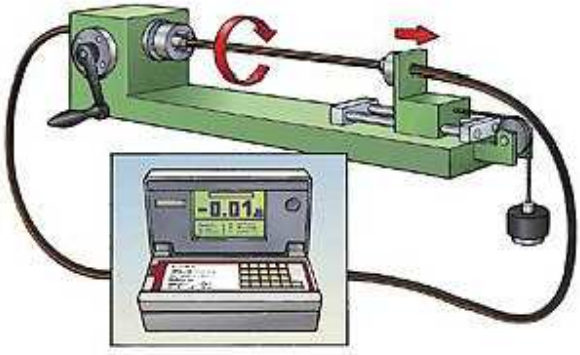


Figura 20.- Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 508.

Una vez completados los ciclos se medirá la atenuación en cada una de las fibras, no debiendo producirse incrementos superiores a 0,05 dB a 1.310 nm y 1.550 nm (las fibras G.655C sólo se medirán a 1.550 nm). Asimismo, se comprobará que la cubierta del cable no ha sufrido deformaciones ni fisuras de ningún tipo.

Finalizado el sometimiento de la torsión, se comprueba visualmente que la cubierta del cable no ha sufrido ningún tipo de deformación o fisura.

5.3 Certificados de Homologación del Fabricante sobre el Cable y sobre la Fibra.

Para las distintas pruebas que a continuación se indican, se asegurará que las fibras y el cable suministrados verifiquen las especificaciones realizadas, para lo que se exigirán los siguientes certificados de homologación del fabricante:

• Verificación de la atenuación en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
• Verificación del diámetro del campo modal en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
• Verificación de la dispersión cromática en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
• Verificación de la longitud de onda de corte en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
• Verificación del diámetro del revestimiento de la fibra, error de concentricidad del campo modal y no circularidad del revestimiento en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
• Verificación de la tracción mecánica de la fibra en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
• Verificación de la dispersión por modo de polarización en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
• Verificación de las características generales del material para tubo holgado de los cables.
• Verificación de las características generales del material para elemento central de los cables.
• Verificación de las características generales del material bloqueante de humedad de los cables.
• Verificación de las características generales de las hilaturas de aramida de los cables.
• Verificación de las características generales de la cubierta interna en, al menos, una muestra de cada lote.
• Verificación de la atenuación durante la instalación de la protección secundaria en el 100% de las fibras.
• Verificación del diámetro, color, aislamiento y aspecto durante la instalación de la protección secundaria en, al menos, una muestra de cada lote.
• Verificación del aspecto, marcado, diámetro, espesor, excentricidad y ovalidad durante la instalación de la cubierta externa en al menos una muestra de cada lote.

Se exigirán, una vez se tengan las bobinas fabricadas, los siguientes certificados de homologación del fabricante:

• De atenuación sobre el 100 % de las fibras.
• De atenuación espectral en las ventanas determinadas en el presente pliego en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
• Del diámetro del campo modal en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
• De la longitud de onda de corte en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
• De la dispersión cromática en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
• De la dispersión por modo de polarización en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
• Del diámetro del revestimiento de la fibra, error de concentricidad del campo modal y no circularidad del revestimiento en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
• De la tracción mecánica de la fibra en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
• De inspección visual sobre el 100% de las bobinas.
• De medidas geométricas de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo de fluidez del compuesto de relleno de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo de resistencia a la tracción y alargamiento de la cubierta de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo de estanqueidad de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo de tracción de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo de curvaturas de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo de aplastamiento de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo térmico de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo de impacto de, al menos, una muestra por lote.
• De ensayo de torsión de, al menos, una muestra por lote.

6. DOCUMENTACIÓN DEL SUMINISTRO DE CABLE F.O.

Se deberá entregar junto con el suministro del cable información completa de los siguientes puntos:

• Características geométricas, mecánicas y ambientales tanto del cable como de la fibra.

• Características ópticas de la fibra.

• Pruebas realizadas sobre la totalidad de las bobinas o sobre muestras de las mismas.

• Trazabilidad de la fibra, incluyendo información específica de los lotes y fechas de fabricación de la fibra y del cable. Este registro debe permitir identificar la procedencia de todas las fibras incluidas cada bobina determinada.

• Códigos de referencia de la fibra y del cable.

• Certificados de calibración de los equipos que se utilizarán en las pruebas de calidad tanto del cable como de la fibra óptica.

Dicha documentación será proporcionada a NASERTIC en los siguientes soportes:

• Papel.
• Formato electrónico (formato Word). En caso de que no se disponga del original del documento (por ser fotocopiado o causa similar), la información se entregará escaneada (formato pdf, tiff o similar).

Las hojas de resultados correspondientes a cada una de las pruebas realizadas a las bobinas deberán ser entregadas, tanto en soporte papel como en soporte electrónico (formato Word), incluyendo la siguiente información:

• Fecha de ensayo.

• Tipo de cable al que se ha realizado la prueba.
• Código de la bobina a la que se ha realizado la prueba.
• Documento o apartado del Plan de Pruebas con el que se corresponde.
• Identificación de los elementos, características o requisitos comprobados.
• Marca, modelo y número de serie del equipamiento utilizado para la prueba.
• Criterios de aceptación.
• Desviaciones o particularidades respecto al protocolo de pruebas.
• Resultados obtenidos.
• Observaciones.

El adjudicatario deberá entregar a NASERTIC la información de las bobinas suministradas, en formato electrónico, con la siguiente información:

• Fecha de entrega de la bobina
• Lote de fabricación.
• Número de bobina del lote.
• Longitud de la bobina
• Tipo de cable
• Número de tubos del cable
• Número de fibras por tubo
• Empresa que fabrica la fibra óptica
• Nombre del modelo de fibra óptica
• Norma que cumplen los modelos de fibra óptica
• Factor de corrección de la fibra
• Empresa fabricante del cable
• Inscripción de la cubierta