



PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA CONTRATACIÓN DE

**Suministro e Instalación de Sistemas de
Telecomunicaciones**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DEL CABLE DE
FIBRA ÓPTICA**

INDICE SUMINISTRO DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

| | |
|--|----------|
| 1. Introducción | 4 |
| 2. Características de las fibras ópticas | 4 |
| 2.1. Fibra monomodo estándar SM/ST..... | 4 |
| 2.2. Características de los cables de fibra óptica..... | 7 |
| 2.2.1. <i>Cables de fibra óptica empleados por el Ayuntamiento</i> | 7 |
| 2.2.1.1. <i>Según el número y tipo de fibras</i> | 7 |
| 2.2.1.2. <i>Según el tipo de construcción</i> | 7 |
| 2.2.2. <i>Elementos de forman el cable</i> | 8 |
| 2.2.2.1. <i>Elemento central del cable</i> | 8 |
| 2.2.2.2. <i>Relleno del alma</i> | 9 |
| 2.2.2.3. <i>Tubo de protección secundaria</i> | 9 |
| 2.2.2.4. <i>Tubos de relleno</i> | 10 |
| 2.2.2.5. <i>Elementos de refuerzo</i> | 10 |
| 2.2.2.6. <i>Armadura</i> | 11 |
| 2.2.2.7. <i>Cubierta externa</i> | 11 |
| 2.2.2.8. <i>Hilos de rasgado</i> | 11 |
| 2.2.2.9. <i>Aspecto del cable</i> | 11 |
| 2.2.2.10. <i>Código de colores</i> | 12 |
| 2.2.3. <i>Parámetros del cable</i> | 12 |
| 2.2.4. <i>Marcado de la cubierta externa del cable</i> | 14 |
| 2.2.5. <i>Código de colores</i> | 15 |
| 2.2.5.1. <i>Para las Fibras</i> | 15 |
| 2.2.5.2. <i>Para los tubos</i> | 15 |
| 2.2.6. <i>Embalaje del cable de fibra óptica</i> | 16 |



| | |
|---|-----------|
| 3. Pruebas de calidad sobre el suministro de cable de fibra óptica..... | 17 |
| 3.1. Medidas sobre la fibra óptica | 17 |
| 3.1.1. <i>Atenuación</i> | 18 |
| 3.1.2. <i>Atenuación espectral de las fibras</i> | 18 |
| 3.1.3. <i>Diámetro del campo modal</i> | 19 |
| 3.1.4. <i>Longitud de onda de corte</i> | 20 |
| 3.1.5. <i>Dispersión cromática</i> | 20 |
| 3.1.6. <i>Dispersión por modo de polarización</i> | 21 |
| 3.1.7. <i>Diámetro del revestimiento de la fibra, error de concentricidad del campo modal y no circularidad del revestimiento</i> | 21 |
| 3.1.8. <i>Prueba mecánica de recepción de las fibras ópticas con recubrimiento primario</i> | 22 |
| 3.2. Medidas sobre el cable | 22 |
| 3.2.1. <i>Inspección visual</i> | 22 |
| 3.2.2. <i>Medidas geométricas</i> | 23 |
| 3.2.3. <i>Fluidez del compuesto de relleno</i> | 23 |
| 3.2.4. <i>Resistencia a la tracción y alargamiento de la cubierta</i> | 23 |
| 3.2.5. <i>Estanqueidad</i> | 24 |
| 3.2.6. <i>Tracción</i> | 25 |
| 3.2.7. <i>Curvaturas</i> | 26 |
| 3.2.8. <i>Impacto</i> | 29 |
| 3.2.9. <i>Torsión</i> | 29 |
| 3.3. Certificados de homologación del fabricante sobre el cable y fibra..... | 30 |
| 4. Documentación del suministro del cable de fibra óptica | 33 |

1. Introducció

En este anexo se recogen, con carácter general, las condiciones y especificaciones técnicas relacionados con el suministro del cable de fibra óptica para su empleo en la Red de Comunicaciones del Ajuntament de Sant Boi de Llobregat.

Los suministros de cable de fibra óptica, que como parte del expediente el licitador precise realizar, y que se correspondan con 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 fabrica, 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 empleada en la red de comunicaciones del Ajuntament será fibra óptica monomodo estándar identificada por SM/ST y cumplirá la recomendación ITU- T G.652.

2.1. Fibra monomodo estándar SM/ST

Este tipo de fibra cumplirá la recomendación ITU-T G.652, 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 $\pm 0,4$.

| |
|--|
| PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652 |
|--|



| Parámetro | Condiciones | Criterio |
|---|---|--|
| Diámetro del campo modal [μm] | $\lambda = 1.310 \text{ nm}$ | Valor nominal: 9,0-9,2 Tolerancia: $\leq \pm 0,4$ |
| | $\lambda = 1.550 \text{ nm}$ | $10,2 \pm 1,0$ |
| Coeficiente de dispersión cromática [$\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{Km})$] | $\lambda = 1.285 \text{ nm} - 1.330 \text{ nm}$ | $ D < 3,0$ |
| | $\lambda = 1.550 \text{ nm}$ | $\leq 17,0$ |
| Longitud de onda de dispersión nula [nm] | | 1.310 ± 10 |
| Pendiente de dispersión nula [$\text{ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{Km})$] | | $\leq 0,092$ |
| Longitud de onda de corte [nm] | Después del cableado | ≤ 1.260 |
| Coeficiente de PMD [$\text{ps}/\text{Km}^{1/2}$] | Después del cableado | $\leq 0,10$ |
| Coeficiente de atenuación de la fibra cableada [dB/Km] | $\lambda = 1.310 \text{ nm}$ | $\leq 0,360$ |
| | $\lambda = 1.550 \text{ nm}$ | $\leq 0,230$ |
| Variación del coeficiente de atenuación en ventana [dB/Km] | $1.285 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.310 \text{ nm}$ | $\leq 0,035$ |
| | $1.310 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.330 \text{ nm}$ | $\leq 0,030$ |
| | $1.525 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.550 \text{ nm}$ | $\leq 0,03$ |
| | $1.550 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.575 \text{ nm}$ | $\leq 0,03$ |
| Uniformidad de atenuación [dB] | $\lambda = 1.310 \text{ nm}$ | $\leq 0,1$ |
| | $\lambda = 1.550 \text{ nm}$ | $\leq 0,1$ |
| Incremento de la atenuación por macroflexión [dB] | 1 vuelta, 32 mm de diámetro Medida a 1.550 nm | $\leq 0,5$ |



| | | |
|--|---|-------------|
| | 100 vueltas, 60 mm de diámetro Medida a 1.550 nm | $\leq 0,05$ |
|--|---|-------------|

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] | $125 \pm 1,0$ |
| Diámetro del recubrimiento primario [μm] | $242 \pm 7,0$ |
| Error de concentricidad núcleo-revestimiento [μm] | $\leq 0,6$ |
| Error de circularidad del revestimiento [%] | $\leq 1,0$ |
| Error de concentricidad revestimiento-recubrimiento [μm] | $\leq 12,0$ |
| Rizado de la fibra (radio de curvatura) [m] | $\geq 4,0$ |

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 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $\leq 0,05$ |
| Variación de la atenuación por ciclo de temperatura – humedad [dB/Km] | Medida a 1.310 y 1.550 nm Temperatura entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ Humedad relativa hasta 98 % | $\leq 0,05$ |
| Variación de la atenuación por inmersión en agua [dB/Km] | Medida a 1.310 y 1.550 nm Inmersión en agua a $23\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $\leq 0,05$ |

| PROPIEDADES AMBIENTALES DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652 | | |
|---|-----------------------------------|----------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Variación de la atenuación por envejecimiento por calor [dB/Km] | Medida a 1.310 y 1.550 nm 85±2 °C | ≤ 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. Características de los cables de fibra óptica

2.2.1. Cables de fibra óptica empleados por el Ayuntamiento

Los cables de fibra óptica empleados por el Ajuntament serán de estructura holgada, en los que las fibras se disponen en grupos de ocho, protegidas por un tubo holgado.

2.2.1.1. Según el número y tipo de fibras

Según el número de fibras ópticas, los cables serán del tipo siguiente:

Cable de 128 fibras monomodo estándar (ITU-T G.652).

2.2.1.2. Según el tipo de construcción

El tipo de cubierta empleada en el cable, será DSP. Cable holgado multitubo relleno de gel con armadura metálica de acero corrugado para instalación exterior. La armadura

metálica actúa como un repelente efectivo a los roedores (resistencia severa). Elementos de tracción compuestos por hilaturas de fibra de vidrio. Cubierta exterior de polietileno

El cable con cubierta tipo DSP presenta características antihumedad, baja fricción, resistente a radiación ultravioleta, alta protección contra roedores y es libre de halógenos.

Así mismo este tipo de cable es adecuado para ser enterrado directamente caso de ser necesario.

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

2.2.2. Elementos de 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.

2.2.2.1. Elemento central del cable

El elemento central 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.
- Bajo coeficiente 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 DSP, el material del elemento central será tipo G.R.P. (Glass Reinforced Plastic) o similares.

2.2.2.2. Relleno del alma

El alma del cable se rellena a alta presión de un compuesto hidrófugo de manera que ocupe todos los intersticios libres del alma. Este relleno asegurará la hermeticidad longitudinal del cable de fibra óptica y deberá cumplir las siguientes propiedades:

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

2.2.2.3. Tubo 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 módulo de Young para pequeñas elongaciones.
- Grado de elasticidad suficientemente alto para admitir radios de curvatura mínimos de 3 cm.
- 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.

Los tubos deberán estar rellenos de un compuesto hidrófugo que envuelva y proteja a las fibras.

Para una identificación fácil y clara se dispondrán tubos de diferentes colores que deberán ser opacos e intensos.

Los tubos se cablearán en torno al elemento central en S-Z. Los tubos se dispondrán helicoidalmente en torno al eje del elemento central, cambiando el sentido de giro cada 6 pasos de hélice. En los puntos donde se produzcan los cambios de sentido de giro, los tubos deberán estar paralelos al eje del elemento central.

2.2.2.4. Tubos de relleno

Cuando la geometría y la estructura del cable así lo requieran, se utilizarán varillas de relleno, 2 en el caso que nos ocupa. 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.

2.2.2.5. Elementos de refuerzo

Directamente sobre la cubierta interna se dispondrán longitudinalmente diversos cabos de aramida (tipo KSP) bloqueantes al agua y de alto módulo de elasticidad para conferir al cable el refuerzo a la tracción necesario y un bajo coeficiente de expansión térmica. Los cabos de aramida serán de 2.840 deniers.

Las ligaduras de aramida responderán a las características siguientes:

- Peso específico: 1,44 g/cm³.
- Módulo de elasticidad: > 105.
- Resistencia a la tracción: > 2.300 N/mm².

Sobre 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.

2.2.2.6. 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 daños metálicos.

2.2.2.7. Cubierta externa

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.

Para los cables tipo DSP la cubierta externa estará constituida por polietileno de alta densidad de color negro, de alta densidad y alto peso molecular, tipo II, clase C y categoría 4.

2.2.2.8. Hilos de rasgado

Entre la armadura y la cubierta exterior se dispondrán dos cordones 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 externa, sin romperse.

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

2.2.2.9. 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.

2.2.2.10. Código de colores

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

2.2.3. Parámetros del cable

Para cables tipo DSP

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.

Se adjuntarán, en la Oferta Técnica, los valores nominales y tolerancias de las dimensiones del cable que se oferten, indicando los parámetros incluidos en la tabla

| CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS CABLES TIPO DSP | |
|---|---|
| Parámetro | Criterio por tipo de cable (valor nominal) |
| | 128 fibras |
| Diámetro exterior del cable [mm] | 16,5 |
| Peso [Kg/Km] | 224 |

Tabla 9. Características dimensionales de los cables tipo DSP Mecánicas y Ambientales

Las especificaciones mínimas que deberá cumplir el cable son las siguientes:

- Margen de temperatura de funcionamiento sin afectar las características de transmisión óptica entre -40 y 70°C .
- Armadura metálica.

Las dos tablas siguientes contienen valores de parámetros para los cables que son de obligado cumplimiento por parte del licitador.

| PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS CABLES TIPO DSP |
|---|
|---|



| Parámetro | Condiciones | Criterio |
|---|--|----------|
| Tracción Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB/Km] | IEC 60794-1-E1 3.000 N | ≤ 0,05 |
| Aplastamiento Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB] | IEC 60794-1-E3 3.000 N/100 mm | ≤ 0,05 |
| Impacto Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB] | IEC 60794-1-E4 5J | ≤ 0,05 |
| Torsión Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB] | 5 ciclos, ±180o 10 Kg, 1 m IEC 60794-1-E7 | ≤ 0,05 |
| Curvaturas Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB] | 5 ciclos 10 vueltas en mandril 10xD IEC 60794-1-E11 | ≤ 0,05 |
| Radio de curvatura estático Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB] | Radio mandril 15xD IEC 60794-1-E11 | ≤ 0,05 |
| Radio de curvatura dinámico Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB] | Radio mandril 20xD IEC 60794-1-E11 | ≤ 0,05 |

Tabla 10. Propiedades mecánicas de los cables tipo DSP

| PROPIEDADES AMBIENTALES DE LOS CABLES TIPO DSP | | |
|--|-------------|--------------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Temperatura de almacenamiento [°C] | | De -30 a +70 |
| Temperatura de instalación [°C] | | De -15 a +50 |

| PROPIEDADES AMBIENTALES DE LOS CABLES TIPO DSP | | |
|--|---|---|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Temperatura de operación [°C] | | De -40 a +70 |
| Ciclos térmicos Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB/Km] | IEC 60794-1-F1 Entre -40 °C y +70 °C | ≤ 0,05 |
| Penetración de agua | IEC 60794-1-F5 3 m de cable, 1 m de presión y 24 horas | Sin goteo en el extremo contrario del cable |

Tabla 11. Propiedades ambientales de los cables tipo DSP

2.2.4. 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 |
|---|
| 128 fibras (128xG.652) 128 G.652 FO |

Tabla 15. Marcado de la cubierta del cable

- Tipo de cable según denominación del fabricante, indicando tipo de cubierta interior - elemento de refuerzo - cubierta exterior: ejemplos: (D-S-P).

- Metraje acumulativo (con error no superior al 1%), anteponiendo la inicial M.
- Propietario del cable con el texto “Ajuntament Sant Boi de Llobregat”

2.2.5. Código de colores

2.2.5.1. 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 rojo | 7 Marrón |
| 2 verde | 8 naranja |
| 3 Azul | 9 Blanco |
| 4 Amarillo | 10 Rosa |
| 5 gris | 11 Negro |
| 6 Violeta | 12 turquesa |

Tabla 16. Código de colores utilizado

2.2.5.2. Para los tubos

El cable a utilizar será un cable con 128 fibras ópticas (128xG.652) distribuidas según el esquema siguiente:

- 8 fibras por tubo, en 18 tubos, 16 de los cuales serán activos



Figura 5 - Código de colores tubos del cable de 128 fibras según TIA 598.

2.2.6. 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 arroman 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 arroman 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.

3. 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.

3.1. Medidas sobre la fibra óptica

Las mediciones se realizarán en el 100% de las fibras suministradas. Al final de las pruebas, éstas serán entregadas al Ajuntament 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.

3.1.1. 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 | $\leq 0,36$ dB/Km |
| | 1.550 nm | $\leq 0,23$ dB/Km |

Tabla 22. 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.

3.1.2. 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.

3.1.3. 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) las medidas se realizarán a 1.310 y 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.

3.1.4. 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 (λ_c). 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 (λ_c) 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.

3.1.5. 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.

3.1.6. 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.

3.1.7. 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.

3.1.8. 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.

3.2. Medidas sobre el cable

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

3.2.1. 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.

3.2.2. 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 suministrar.

3.2.3. 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 envoltentes, 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 70°C. 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.

3.2.4. 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 extensómetro de pinzas, con una distancia entre pinzas de 25,4 mm.

Se colocará la muestra en el dinamómetro formando 90° 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 extensómetro aplicado sobre la zona estrecha de la probeta.

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

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

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

$$\text{Alargamiento (\%)} = (L - L_0) \times 100 / L_0$$

L = Longitud entre mordazas en el instante de la rotura

L₀ = Longitud entre mordazas en el instante de la rotura

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 °C, siendo los valores de aceptación el 75% de los correspondientes a las muestras sin envejecer.

3.2.5. 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 °C 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:

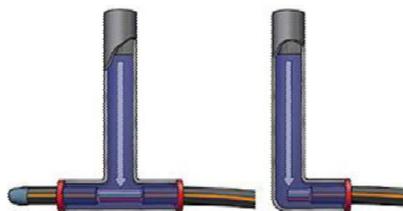


Figura 6 Disposición de la muestra de cable según EN 187000 Método 605 (A y B)

Para poder observar visualmente hasta qué punto alcanza el flujo de agua, podrá añadirse al agua una cantidad suficiente de fluoresceína (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.

3.2.6. 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. 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:

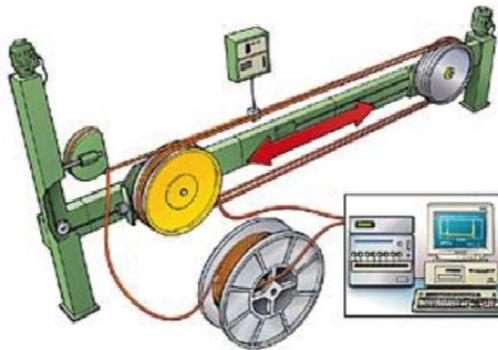


Figura 7 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 501

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:

3.2.7. 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, 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, 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 continuació, se mostra una figura que il·lustra la execució de la prova:

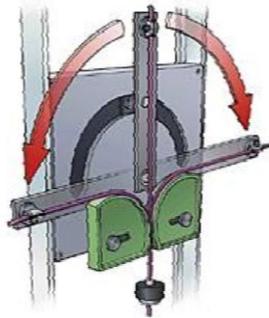


Figura 8 Execució de la prova segons EN 187000 Mètode 507 Aplastament

Es un mètode no destructiu, expost en la norma IEC 60794-1-E3 bajo el mètode EN 187000 Mètode 504, que se aplicarà en condicions 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 sin que el incremento en supere en 0,05 dB el valor original.

A continuació, se mostra una figura que il·lustra la execució de la prova:

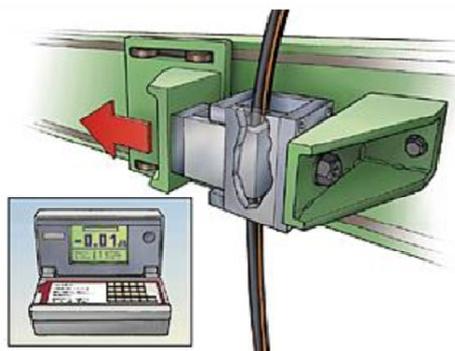


Figura 9 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 504 Ciclos térmicos

Este método será no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-F1 bajo el método 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 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

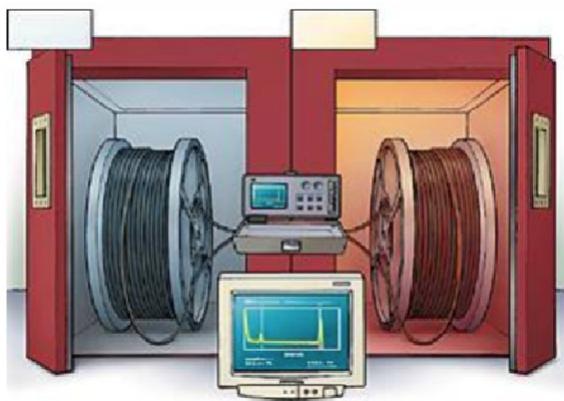


Figura 10 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 601

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 $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$.

Se medirá la atenuación de cada una de las fibras en cada ciclo de temperatura, debiendo producirse incrementos superiores a $0,05\text{ dB/Km}$ a las longitudes de onda de 1.310 nm y 1.550 nm durante todas las fases de los ciclos y al final de los mismos.

3.2.8. 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. 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:

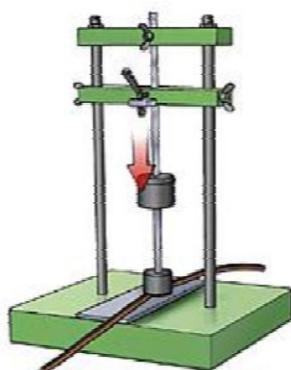


Figura 11 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 505

3.2.9. 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 $\pm 180^\circ$ realizando 5 ciclos.

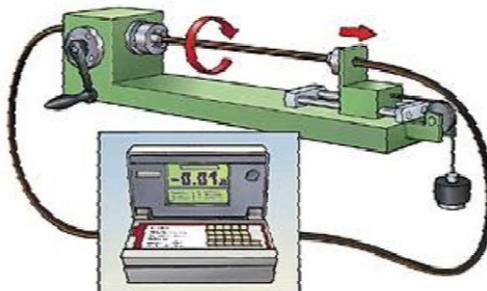


Figura 12 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 508

Una vez completados los ciclos se medirá la atenuación en cada una de las fibras, debiendo producirse incrementos superiores a 0,05 dB a 1.310 nm y 1.550. 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.

3.3. Certificados de homologación del fabricante sobre el cable y 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.

4. Documentación del suministro del cable de fibra óptica

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 al Ajuntament en los siguientes soportes:

- Papel.
- Formato electrónico (formato pdf). 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).

Los resultados de cada una de las pruebas realizadas a las bobinas deberán adjuntar un resumen (tanto en soporte papel como en soporte electrónico con formato pdf) incluyendo la siguiente información:

- Ensayo realizado.
- Código de la bobina a la que se ha realizado la prueba.



- Tipo de cable al que se ha realizado la prueba.
- Fecha de ensayo.
- Estándar de medida utilizado para realizar la prueba.
- Marca, modelo y número de serie del equipamiento utilizado para la prueba.
- Descripción breve del procedimiento de ensayo.
- Criterios de aceptación.
- Resultados obtenidos.
- Observaciones.

INDICE INSTALACIÓN DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 38 |
| 2. General | 38 |
| 3. Control de los trabajos | 40 |
| 4. Trabajos previos al tendido del cable | 42 |
| 4.1. Cuidado general del cable | 42 |
| 4.2. Señalización y acotación de las zonas de trabajo..... | 42 |
| 4.3. Comprobación de gases tóxicos y colocación de elementos de protección en la apertura de arqueta..... | 42 |
| 4.4. Limpieza de arqueta | 42 |
| 4.5. Acondicionamiento de prisma de canalización para la realización del tendido | 42 |
| 4.6. Identificación de la ubicación de las cocas | 43 |
| 4.7. Transporte de la bobina y acondicionamiento para la instalación..... | 43 |
| 4.8. Lubricación de cable y conducto..... | 43 |
| 4.9. Garantizado del radio mínimo de curvatura | 43 |
| 4.10. Acondicionamiento del trayecto en los tramos de interior | 43 |
| 4.11. Lubricado de los conductos | 44 |
| 5. Técnicas de tendido del cable | 45 |
| 5.1. Tendido en canalización exterior | 46 |
| 5.2. Tendido manual..... | 47 |
| 5.3. Tendido mediante cabrestante automático | 49 |
| 5.4. Tendido mediante "FLOATING"..... | 51 |
| 5.5. Tendido mediante "BLOWING"..... | 53 |
| 6. Trabajos posteriores al tendido del cable | 55 |
| 6.1. Cortado o segregación del cable | 55 |
| 6.2. Empalme de fibras..... | 55 |



| | |
|--|-----------|
| 6.3. Remate de arquetas y del cable | 55 |
| 6.4. Conectorizado en paneles repartidores | 56 |
| 6.5. Etiquetado del cable | 56 |
| 6.6. Limpieza y recogida de materiales sobrantes | 56 |
| 6.7. Empalme de fibras..... | 56 |
| 6.8. Remate de arquetas y del cable | 59 |
| 6.9. Paneles repartidores y su conectorizado | 59 |
| 6.10. Etiquetado del cable tendido..... | 60 |
| 7. Materiales para la instalación del cable de fibra óptica..... | 61 |
| 7.1. Repartidor óptico Gran capacidad | 61 |
| 7.2. Panel repartidor para rack 19" | 62 |
| 7.3. Cajas de empalme..... | 63 |
| 7.4. Protectores de empalmes | 66 |
| 7.5. Rabillos (Pigtails) y latiguillos (jumpers)..... | 69 |
| 7.6. Protectores de cable | 72 |
| 8. Pruebas sobre el cable de fibra óptica tendido..... | 72 |
| 8.1. Mediciones de atenuación | 73 |
| 8.1.1. <i>Medidas de potencia óptica.....</i> | <i>73</i> |
| 8.1.1.1. <i>Metodología de trabajo.....</i> | <i>73</i> |
| 8.1.1.2. <i>Valores de aceptación.....</i> | <i>74</i> |
| 8.1.1.3. <i>Medidas de reflectometría</i> | <i>75</i> |
| 8.1.2. <i>Medición de la atenuación del tramo.....</i> | <i>75</i> |
| 8.1.3. <i>Medición de la atenuación de los empalmes de línea</i> | <i>76</i> |
| 8.1.4. <i>Medidas de las pérdidas de inserción de los conectores y de las pérdidas de retorno en el conjunto conector - adaptador - conector</i> | <i>76</i> |
| 8.2. Visuales | 77 |
| 8.2.1. <i>Comprobaciones visuales para el cable.....</i> | <i>77</i> |



| | |
|--|-----------|
| 8.2.2. Comprobaciones visuales para la caja de empalme | 77 |
| 8.2.3. Comprobaciones visuales para el repartidor óptico | 78 |
| 8.3. Otras pruebas de calidad..... | 78 |
| 9. Documentación de la instalación de cable de fibra óptica | 78 |
| 9.1. Fotografías de las arquetas | 79 |
| 9.2. Documentación alfanumérica | 79 |
| 9.3. Documentación gráfica - Planos | 80 |
| 10. Resultados de las pruebas realizadas | 80 |

1. Introducció

En este anexo se recogen, con carácter general, las condiciones y especificaciones técnicas relacionadas con el tendido e instalación de cable de fibra óptica exigidas por el Ayuntamiento de Sant Boi de Llobregat para los trabajos de instalación de cable de fibra óptica en su Red de Comunicaciones.

Los trabajos y suministros que como parte del expediente el licitador precise realizar, y que se correspondan con los aquí indicados, deberán satisfacer las condiciones exigidas para los mismos en este Anexo.

2. General

Dentro de la instalación de cable de fibra óptica se agrupan un gran número de trabajos relacionados con el tendido de cable. El tendido del cable, el cual se puede realizar empleando distintos métodos, ha de ir precedido y seguido de diferentes tareas que completan la instalación.

Con carácter general, se tendrán en cuenta las siguientes acciones para la realización de los trabajos de instalación del cable de F.O.:

- Replanteos previos: el tendido, empalme y conexionado del cable requiere un estudio previo de cada uno de los tramos a tender para valorar y conocer las necesidades y requerimientos de los mismos. Los principales aspectos que el adjudicatario deberá definir, tras el reconocimiento “in situ” de cada uno de los tramos, son los siguientes:
 - Método de tendido a utilizar en cada uno de los tramos
 - Número y tipo de empalmes y segregaciones a realizar en cada tramo, así como la ubicación de los mismos
 - Número y tipo de cajas de empalme a instalar en cada tramo, así como la ubicación de las mismas
 - **Número, ubicación y longitud de cocas necesarias tanto para el mantenimiento de los tramos instalados como para las ampliaciones**



de la red hasta los armarios que, no formando parte del alcance del proyecto, sí se contemplan en la topología global de la Red.

- Bobinas y/o retales seleccionados para cada tramo
 - Material y maquinaria necesaria para el tendido de cable
 - Equipo humano para la realización de los trabajos
 - Medidas de seguridad y sistemas de señalización. Plan de Seguridad y Salud para los trabajos objeto del contrato
 - Metodología para la supervisión del tendido
 - Medidas Medioambientales de aplicación a los trabajos
- En ningún caso se iniciará la realización de los trabajos sin disponer de la autorización correspondiente de las autoridades y entidades implicadas.
 - El contratista dispondrá de los equipos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo a lo especificado en los pliegos de prescripciones técnicas, así como a la normativa aplicable en cada caso.
 - Todos los materiales suministrados también deberán cumplir las especificaciones técnicas descritas en los pliegos de prescripciones técnicas, así como la normativa actual vigente aplicable.
 - Una vez realizado el tendido de cable, se deberá proceder a la limpieza de los pequeños restos de fibra para su desecho.
 - Se realizarán las pruebas de calidad de los materiales suministrados y de los tramos de cable tendidos, cuyos resultados serán entregados al Ayuntamiento en papel y en formato digital, de acuerdo con lo especificado en los pliegos de prescripciones técnicas.
 - Una vez finalizados los trabajos, el contratista deberá entregar la “Cartografía de Instalación” (documentación “as built”) completa, de acuerdo a lo definido en los pliegos de prescripciones técnicas asociados al contrato.

3. Control de los trabajos

El adjudicatario será el responsable del control de la correcta ejecución de los trabajos de tendido. Será por tanto el responsable del correcto estado de los empalmes, de las conexiones en los repartidores, así como de la continuidad y calidad del tendido, de acuerdo con lo especificado en los pliegos de prescripciones técnicas.

A modo de referencia, los procesos de instalación que se supervisarán serán, como mínimo, los siguientes:

- En la carga, transporte y descarga de las bobinas de fibra óptica se verificarán, como mínimo, los siguientes puntos:
 - Las bobinas se encontrarán en perfecto estado.
 - Las bobinas estarán debidamente protegidas durante el transporte.
 - El cable no presentará irregularidades en su forma.
- En los trabajos previos al tendido de la fibra, acondicionamiento y preparación de la obra, arqueta y bobina de fibra óptica, se supervisará, al menos, que:
 - La zona de la obra se encontrará debidamente señalizada.
 - Las arquetas estarán limpias e identificadas.
 - Se dispondrá de material adecuado para la manipulación de bobinas y cable de fibra óptica.
 - La zona de trabajo se encontrará despejada.
- En la instalación del cable de fibra óptica se verificará, como mínimo, que se cumplan los siguientes aspectos:
 - En ningún caso se curvará el cable por debajo del mínimo radio de curvatura especificado.
 - Tampoco se torsionará el cable ni se realizarán esfuerzos sobre el mismo.
 - Siempre que se considere adecuado, se utilizará lubricante en abundancia. Dicho lubricante será el especificado, y en ningún caso será abrasivo.



- Cuando haya que dejar reservas de cable éstas se dejarán en forma de “ocho” o circular.
- Durante la realización de empalmes, sangrado y conectorizado de las fibras se supervisarán, al menos, los siguientes puntos:
 - Se dispondrá de elementos específicos y adecuados para el manejo y pelado del cable y de la fibra óptica.
 - Se utilizarán protectores de empalmes y se dejarán reservas suficientes.
 - Las fibras no involucradas en el sangrado se dejarán en paso.
- El conectorizado en repartidor se realizará con pigtailes.
 - Las conexiones desde/hacia repartidor hacia/desde equipos o el mismo repartidor se realizarán mediante jumpers.
- Durante la conectorización en repartidor se verificará que se realizan las siguientes actividades:
 - Limpieza previa de los conectores.
 - Limpieza y recogida de materiales sobrantes y escombros producidos por los trabajos.
- Terminación de las arquetas y repartidores ópticos.
 - Las reservas y cajas de empalmes se dejarán bien sujetas en la parte superior de las arquetas.
 - Las reservas se dejarán en forma de “ocho” o haciendo círculos.
 - Las entradas de cable a repartidor se dejarán bien sujetas.
 - Las bandejas estarán correctamente fijadas.
 - Los excesos de cable en el repartidor se recogerán mediante bridas.
- Durante todos los trabajos:
 - Se verificará la limpieza en la ejecución de los mismos
 - Se verificará del cumplimiento del Plan de Prevención de Riesgos Laborales de la Obra.

4. Trabajos previos al tendido del cable

Previo a la realización del tendido de cable de fibra óptica pueden ser necesarias algunas de las siguientes acciones. La realización o no de algunas de estas tareas se acuerda de forma previa al tendido en el reconocimiento de los trabajos a realizar:

4.1. Cuidado general del cable

El cable deberá manejarse con cuidado para no deteriorar ni sus propiedades ni las de la fibra. No se torsionará en ningún momento el cable, ni se deformará con abrazaderas, bridas, soportes etc. En caso de tener que atar el cable se tendrá especial cuidado en no deformar la cubierta.

Se evitará aplicar presiones puntuales no homogéneas sobre la fibra. Si se almacena se dejará en forma de “ocho” en un sitio plano asegurando que los radios de curvatura son mayores que el radio mínimo especificado por el fabricante.

4.2. Señalización y acotación de las zonas de trabajo.

Las zonas donde se realicen los trabajos han de estar debidamente acotadas y señalizadas (señales de aviso y peligro) según la normativa el Ayuntamiento.

4.3. Comprobación de gases tóxicos y colocación de elementos de protección en la apertura de arqueta.

Una vez abierta la arqueta y antes de que el personal acceda a ella, se debe comprobar la presencia de gases tóxicos. Se procederá a colocar en la arqueta los elementos de protección para evitar las caídas y accesos a la misma.

4.4. Limpieza de arqueta.

Cuando la instalación conlleva un tendido por canalización exterior, se ha de llevar a cabo la limpieza y achique de la arqueta en caso de que sea necesario.

4.5. Acondicionamiento de prisma de canalización para la realización del tendido.

Cuando la instalación de cable conlleva un tendido por conducto, puede ser necesario el mandrilado de conducto o la realización de catas en aquellas situaciones en las que la canalización exterior no presenta accesibilidad.

4.6. Identificación de la ubicación de las cocas.

Previo al tendido se han de identificar las arquetas (en el caso de tendido canalizado exterior) y el emplazamiento donde se van a ubicar las cocas.

4.7. Transporte de la bobina y acondicionamiento para la instalación.

Previo a la realización del tendido de cable se ha de transportar la bobina hasta el lugar de los trabajos y se ha de acondicionar para su posterior instalación colocando debidamente la bobina para su desenrolle.

Se descargará la bobina y se acondicionará para la instalación. Ésta se dispondrá de forma que durante la instalación se desenrolle por la parte superior.

Se prepara el extremo del cable para que el tiro sea adecuado a cada método de tendido. Éste se debe realizar de tal forma que los esfuerzos de tracción sean soportados sólo por el elemento central del cable y nunca por las fibras.

Si el suelo presentase irregularidades que pudiesen deteriorar el cable, deberán llevarse a cabo tareas de adecuación del mismo.

4.8. Lubricación de cable y conducto.

Con anterioridad al tendido, y cuando sea necesario disminuir el rozamiento entre el cable y el conducto, se procederá a la lubricación con lubricantes destinados a tal fin y que cumplan una serie de características como se especificará en apartados posteriores.

Cualquier derramamiento de lubricante deberá limpiarse tan pronto como sea posible utilizando el procedimiento recomendado por el fabricante.

4.9. Garantizado del radio mínimo de curvatura.

En los tendidos por conducto, con el fin de evitar roces del cable a la salida y entrada de los conductos, que deteriorarían la cubierta del cable, se colocarán sendos protectores donde se realice el tendido, garantizándose que en ningún momento se trabaja por debajo del radio mínimo de curvatura.

4.10. Acondicionamiento del trayecto en los tramos de interior

Cuando el tendido se realice por interior se ha de llevar a cabo el acondicionamiento de las bandejas, patinillos o canaletas por los que se vaya a realizar el tendido.

4.11. Lubricado de los conductos

El lubricado es la acción de suministrar lubricante a los elementos que intervienen en el tendido de cable, evitando fricciones, fatiga del cable, así como se facilita el tendido en el conducto o en el subconjunto.

El lubricante empleado ha de presentar al menos las características siguientes:

- Adecuación a las temperaturas exteriores.
- Propiedades ignifugas.
- Características consistentes durante el proceso de instalación.
- No afectará a las propiedades de la cubierta del cable, tubo, conducto o subconjunto durante y después de la instalación.
- Deberá estar homologado por las entidades pertinentes, como UL o CSA.

Además, quedan excluidos todos aquellos materiales que puedan deteriorar en alguna medida el estado del cable, conducto o subconducto. Quedaran también totalmente excluidos los combustibles, aceites industriales y todo tipo de materiales abrasivos.

La labor de lubricado, se ha de realizar con cuidado, de modo que cualquier derramamiento de lubricante deberá limpiarse tan pronto como sea posible utilizando el procedimiento recomendado por el fabricante del mismo.

El lubricante se aplicará especialmente en las zonas de tracción del cable y justo antes de las curvas. La cantidad de lubricante a utilizar puede calcularse aproximadamente utilizando la siguiente fórmula:

$$C=0,00378 \cdot L \cdot (DIN + DEN)$$

Donde:

C= Cantidad de lubricante en litros.

L= Longitud del tendido en metros.

D_{IN} = Diámetro interior nominal del conducto en centímetros.

D_{EN} = Diámetro exterior nominal del cable en centímetros.

5. Técnicas de tendido del cable

El tendido de cable es la acción propia de desplegar el cable de fibra óptica entre los extremos a conectar, existiendo varios métodos de tendido según la zona en la que realizar el tendido de cable.

El criterio elegido para la realización del tendido depende del tramo en cuestión y del grado de ocupación de la canalización, quedando determinado el criterio de tendido en el replanteo anterior a la instalación.

Básicamente se diferencian dos tipos de tendidos: tendidos en exteriores y tendidos en interiores. Dentro de los tendidos en exteriores, se diferencian en:

- Tendidos en canalización exterior.
- Tendidos en fachada.
- Tendidos aéreos.

Independientemente del método de tendido que se emplea se han de mantener las siguientes indicaciones generales:

- En todo momento se respeta el mínimo radio de curvatura del cable de fibra óptica a instalar.
- La bobina se coloca suspendida sobre gatos o grúa, de manera que pueda girar libremente y de forma que el cable salga de la bobina por su parte superior.
- La tracción del cable debe realizarse en el sentido de su generatriz. No se ha de doblar el cable para obtener mejor apoyo durante su tendido.
- Las personas que intervienen en la operación de tendido, especialmente las situadas junto a la bobina, deben observar atentamente el cable según salga de ella, a fin de denunciar cualquier deterioro aparente de éste. En el caso de que se detecte alguno, ha de ser comunicado instantáneamente a su jefe inmediato quien decide si se debe continuar o no con el proceso.

- El cable debe quedar correctamente sujeto e inmovilizado. Para ello se utilizan sistemas de fijación adecuados, bien atornillarles, sujetos con tirafondos o abrazaderas, no debiendo en ningún caso alterar las propiedades de las fibras y teniendo que permitir la dilatación de la fibra instalada en caso de ser necesario.

5.1. Tendido en canalización exterior

Los tendidos de cable de fibra óptica por canalización exterior se realizan desplegando el cable por alguno de los conductos o subconductos que conforman el prisma de la canalización disponible.

En cualquiera de las técnicas disponibles para los tendidos en canalización se ha de cumplir que los conductos a emplear para la instalación se encuentren mandrilados. La acción de mandrilar consiste en tener comprobada la continuidad del conducto, para lo que se pasa un hilo con una punta de una determinada longitud y diámetro para su comprobación.

Además, es necesaria la utilización del hilo guía que ha de poseer el conducto elegido para el tendido. Esto es debido a que el cable está preparado para unirse al cable guía mediante el nudo giratorio. Con esto, la punta del cable preparada para el cable de tiro se engancha a un extremo del nudo giratorio, para lo cual hay que sacar el tornillo por medio de un destornillador. Así mismo, el cable guía se ata al otro extremo del nudo giratorio, asegurándose que el nudo realizado consigo mismo no desliza. Los nudos de la cuerda se encintan con cinta aislante plástica desde el extremo del nudo giratorio hasta unos 10cm después del último nudo.

Explicados estos aspectos generales, se tiene cuatro tipos diferentes de tendido en canalización que son los más habituales:

- Tendido manual.
- Tendido mediante cabestrante automático.
- Tendido mediante "FLOATING".
- Tendido mediante "BLOWING".

5.2. Tendido manual

Esta técnica se denomina manual distribuida ya que la tracción es realizada manualmente. De este modo, la tensión total del tendido es distribuida independientemente por secciones de canalización entre arquetas de registro, esto es, en cada arqueta el operario sólo tiene que vencer la tensión generada por el peso del cable y el rozamiento de éste y el subconducto correspondiente a la sección de canalización comprendida entre la arqueta anterior y la suya.

Para el tendido manual, un encargado está permanentemente en el lugar donde está ubicada la bobina del cable. Su misión es la de controlar el avance y parada de la operación de tendido, según la información recibida desde todas las arquetas. Otro encargado reconoce la ruta según avanza el cable para solucionar los problemas que se pueden presentar en cada una de las arquetas.

Como mínimo, el personal situado en punta y en la bobina de cable debe estar en contacto vía radio continuamente. El resto del personal que se encuentra en las arquetas intermedias se puede comunicar de viva voz consecutivamente.

En general, en aquellas arquetas con cambio de dirección en el recorrido del cable, hay un operario ejerciendo el tiro en el subconducto de entrada, y otro embocando el cable en el subconducto de salida para evitar que se produzcan cocas o cualquier deformación axial del cable.

Los operarios que intervienen en la embocadura del cable en los subconductos de salida y en la operación de tiro, controlan la longitud de cable almacenado ("valona"), para disminuir, si fuese necesario, la presión de tendido en la arqueta adyacente y regular ~~así~~ la velocidad, de modo que se garantice que no se cierra el lazo, y que se mantiene ampliamente el radio mínimo de curvatura y la independencia de tensiones entre secciones.

El operario de la primera arqueta intermedia (arqueta 2) tira del hilo guía del subconducto de entrada del cable hasta que éste llegue, momento en que lo comunica a la arqueta donde se inició el tendido (arqueta 1) para que paren la bobina.

Una vez parada la bobina, el operario desata el hilo guía utilizado en esa sección y ata el nudo giratorio al hilo guía situado en el subconducto de salida del cable hacia la arqueta

3, comprobando que la atadura sea resistente. Se comunica a la arqueta 1 que continúe el tendido.

En el caso en que la arqueta corresponda a un cambio de dirección, el operario desatará el hilo guía utilizado en esa sección y creando previamente un lazo, con un radio tan amplio como le permita el lugar donde esté ubicada la arqueta, atará igualmente al nudo giratorio el hilo guía situado en el subconductor de salida del cable hacia la arqueta 3, tal y como se ha explicado anteriormente.

Reanudado el trabajo, el operario de la siguiente arqueta (arqueta 3) realiza las mismas operaciones que realizaba el operario de la arqueta anterior (arqueta 2). Mientras, éste tira del cable paralelamente al eje del mismo, sin retorcerlo, y dejando suficiente longitud de formación de plazo para que la operación se realice como se ha indicado.

El ritmo de tendido lo establece el operario que tira del hilo guía, es decir el más alejado de la bobina.

Si un operario intermedio no pudiera mantener el ritmo establecido, el cable irá perdiendo la “valona” almacenada o, en el caso de una arqueta de cambio de dirección, ira reduciéndose el radio de curvatura del lazo. Antes de que esto ocurra, se debe dar la orden de parada del proceso en la arqueta siguiente hasta que el operario recupere el suficiente cable para proseguir normalmente.

Terminado el tendido se procede a instalar el cable en su recorrido por las arquetas.

Debido a que en el proceso anterior es probable que no haya quedado justamente el cable que se necesita para su instalación definitiva, no se procede a realizar ésta simultáneamente en todas ellas, sino que se comienza por la penúltima, de forma que, si falta o sobra cable, éste debe ser cogido o recogido de la arqueta anterior. De esta forma se va instalando el cable en las arquetas, empezando por la penúltima y terminando en la segunda. Este proceso debe realizarse con especial cuidado, puesto que se debe colocar el sobrante de cable dentro de la arqueta, manteniéndose siempre por encima del radio mínimo de curvatura establecido.

Finalmente se corta la bobina dejando almacenada y debidamente “peinada” en la estructura dispuesta a tal efecto, la longitud suficiente de cable para alcanzar holgadamente la zona donde se realiza el empalme.

En el caso en que el tendido, por su gran longitud u otro motivo, se realiza dividiendo el tendido en dos subtramos, es decir que el punto de entrada es una arqueta intermedia, el tendido del primer tramo se realiza de la forma descrita anteriormente, realizándose el tendido del segundo tramo del modo expuesto a continuación:

- El cable restante de la bobina se dispone, formando “ochos” sobre el suelo, y se tiende también de la forma descrita anteriormente, cuidando que el cable almacenado se recupera correctamente, sin crear deformaciones axiales, y siempre manteniendo el radio mínimo de curvatura establecido.
- Si esto no fuese así, se avisaría, de forma que se interrumpiese inmediatamente la tracción, para permitir solucionar el problema manualmente.

5.3. Tendido mediante cabestrante automático

Para el tendido de cable mediante cabestrante automático, es necesario un cabestrante automático con control de tensión. El cabestrante automático, que se sitúa en la arqueta de salida, es el que se utiliza para tirar del cable de F.O.

Para traer el cable de tiro del cabestrante automático desde la arqueta de salida hasta la arqueta de entrada, se utilizan medios manuales o un cabestrante autónomo.

Para el tendido de cable de fibra óptica es necesario el uso de poleas del tamaño adecuado, para que el cable no se vea sometido a curvaturas por debajo del radio mínimo. Además, se añade lubricante al alimentador del cable y a cualquier posición intermedia.

El paso del cable de tiro del cabestrante automático se realiza de la siguiente manera:

- Se coloca la eslinga lubricadora entre el cable de tiro y el hilo guía, unido a este último por medio del nudo giratorio y protegido por un guardacabos.
- Seguidamente se vierten en el conducto 4 litros de lubricante delante de la primera esponja y 1 litro entre esponjas.
- Iniciado el proceso de tiro, se procura que la velocidad se ajuste a la de bobinado del cabestrante automático, para que no haya tirones sobre el hilo guía.
- Cuando faltan aproximadamente 50m para que el extremo del cable alcance las zonas de lubricación intermedias, si las hubiera, el operario situado en dicha zona



vierte en el conducto 2 litros de lubricante que arrastran las esponjas de la eslinga lubricadora.

El tendido del cable de F.O. se realizará de la siguiente manera:

- El cabestrante debe estar lo suficientemente alejado de la arqueta de salida como para permitir la salida de la longitud necesaria de cable sin que la fibra llegue al tambor de recogida del cable de tiro.
- Una vez pasado el cable de tiro del cabestrante, se suelta el hilo guía, dejando instalada la eslinga lubricadora y el nudo giratorio.
- Se une la manga de tiro del cable de fibra óptica a la eslinga lubricadora a través del nudo giratorio, y se colocan rodillos para que el cable no roce el suelo.
- Previamente al inicio del tiro, se deben verter 3 litros de lubricante delante de la eslinga, pudiendo introducir en ese momento el extremo del cable en el conducto.
- Se acopla el elemento de lubricación para entrada del cable al extremo del conducto, vertiendo suficiente lubricante como para cubrirlo por completo. A medida que avanza el cable, un operario regula la cantidad de lubricante.
- Con el cabestrante automático se debe controlar en cada momento la tensión y velocidad de tendido. Se pone en marcha programándolo a una tensión inicial del 80 % de la tracción máxima del cable. Si estas tensiones se sobrepasaran, se pararía automáticamente.
- Durante los primeros 20 ó 30m el tendido se realiza a una velocidad baja y progresiva, hasta alcanzar una velocidad de 20m/min., la cual no debe superarse en ningún momento.
- Simultáneamente se vierte lubricante, unos 50m antes de que llegue el cable a las zonas intermedias de lubricación, para que las esponjas arrastren parte de él.
- Cuando, además de la manga de tiro, sobresalen los metros necesarios de cable fuera del conducto del punto de salida, el tendido ha terminado.
- Si se parara el cabestrante por alcanzar los valores máximos programados, se reprograma al 100% de la tracción máxima establecida y se continua el tendido a 20m/min.



- De alcanzar dicho límite, se pararía el cabestrante, y se abriría el conducto en un punto intermedio, procediendo a recuperar el cable a mano. Una vez realizado esto, se continuaría el tendido normalmente.
- Una vez finalizado el tendido, se restituye el conducto con el trozo retirado anteriormente, sujetándolo en los extremos con dos trozos de conducto de 100mm de longitud, abiertos por una generatriz y superpuestos a modo de grapa, encintando finalmente el conjunto con cinta scotch-fill o similar, recubierta de cinta aislante.
- En el caso en que el tendido, por su gran longitud u otro motivo, se realizase dividiéndolo en dos subtramos, es decir que el punto de entrada fuese una arqueta intermedia, el tendido del primer tramo se realizaría de la forma descrita anteriormente, realizándose el tendido del segundo tramo del modo expuesto a continuación:
 - Se suelta el cable restante de la bobina, formando “ochos” sobre el suelo, y se tiende también de la forma descrita anteriormente, cuidando que el cable almacenado se recupera correctamente, sin crear deformaciones axiales, y siempre manteniendo el radio mínimo establecido. Si esto no fuese así, se avisa, de forma que se interrumpa inmediatamente la tracción, para permitir solucionar el problema manualmente.
 - Cuando en el punto de tendido sólo queden 20m de cable, se reduce la velocidad de tendido, se desmonta el elemento de lubricación y se continúa lubricando directamente con el tubo del recipiente. Debe facilitarse la entrada de los últimos metros de cable, cuidando de no sobrepasar el radio de curvatura mínimo, y dejando siempre la longitud de coca correspondiente almacenada en las arquetas.

5.4. Tendido mediante "FLOATING"

Para el tendido de cable utilizando el método “floating”, es necesaria la utilización de un fluido líquido, agua o similar, que actúa como medio principal de transporte del cable en el interior del tubo.

Los pasos a seguir para realizar este tipo de tendido se describen a continuación:



- El fluido es introducido en el subconducto existente desde el mismo lado en el cual se sitúa la bobina de cable y desde el cual se inicia el tendido del mismo.
- Se dispone de una bomba de presión que suministra la energía suficiente para vencer la presión piezométrica del extremo de salida del subconducto, suministrando el caudal necesario para producir una cantidad de movimiento de fluido suficiente, que permita el arrastre del cable. De tal modo que el cable es tendido mediante la acción combinada de las fuerzas de flotamiento y de arrastre, debidas ambas al flujo de líquido que es desplazado en la misma dirección que la del tendido del cable.
- La máquina de “floating” debe disponer de un sistema hidráulico de control o empujado dispuesto al principio del tubo, que actúa sobre el cable para uniformar las variaciones de la velocidad de tendido, y que en sincronía con el sistema acelera o frena la velocidad de penetración para evitar “golpes de ariete”.
- El mismo sistema dispone de un sistema hidráulico para hacer girar la bobina que suministra el cable con la velocidad requerida por el tendido, regulándose por la misma fuerza de tracción que el arrastre del agua ejerce sobre el propio cable. Para el tendido mediante este sistema deben seguirse las especificaciones técnicas del fabricante de la maquinaria.
- Es necesario desaguar los puntos bajos punzando el subconducto, de forma que éste quede completamente vacío.
- Para facilitar el proceso deben instalarse ventosas en los puntos altos para permitir la entrada de aire y el vaciado completo del agua del subconducto. Pero ha de tenerse en cuenta que en el tendido mediante “floating” los subconductos no se obturan al acabar el tendido.

Las principales ventajas de esta técnica son:

- No es necesaria la aplicación de ningún tipo de lubricante.
- Se evita el tendido del hilo guía y del cable de tiro así como la aplicación de tensiones excesivas al cable que pudieran dañar a las fibras.

5.5. Tendido mediante "BLOWING"

El método de tendido de cable denominado "blowing" se describe como un tendido neumático utilizado para instalaciones canalizadas de cables de telecomunicación, que consiste en insertar los cables directamente a presión (insuflación), pudiendo ser colocado el cable en una sola operación.

Para este tipo de tendido es necesaria la utilización de una oruga de cable para aumentar el empuje (utilizada para apoyar la fuerza de empuje durante la insuflación de cables de fibra óptica de 10- 27mm de diámetro), así como un compresor, siendo necesario que los conductos o tubos para cables no presenten ninguna deformación.

Los procedimientos a seguir en este tipo de tendido se describen a continuación:

- Los cables deben ser calibrados antes de ser insuflados, con el fin de que los conductos deformados no interrumpan el proceso de insuflación.
- Para ensayar el trazado de conductos se pasa un émbolo medidor a presión por el conducto de material sintético. La sonda incorporada emite impulsos de alta frecuencia localizables hasta una profundidad de 4 metros. En caso de que el émbolo medidor se atasque debido a las deformaciones del conducto, los impulsos emitidos se convierten en una señal óptica y acústica permanente al acercarse el aparato de localización a la sonda. La señal alcanza el máximo cuando el aparato de localización se encuentra directamente encima de la sonda. Hay que tener en cuenta que, si se producen fuertes ruidos ambientales, se deben acoplar unos auriculares.
- El soplado se realiza por medio de un sistema de insuflación que se utiliza para colocar los cables de fibra óptica en los tubos de protección para cables.
- El cable puede instalarse soplando en cascada o recuperando el cable en determinados puntos y volviendo a soplar en ese punto. Esto también se hace para instalar el cable en la otra dirección, cuando la bobina inicial se ha colocado en el medio de la semi-sección a tender. La elección de la colocación de la bobina y el sistema de tendido cascada o no, debe hacerse considerando todas las posibles curvaturas de la canalización e intentando cuando sea posible que la máquina sople secciones en cuesta abajo para facilitar el tendido. Se puede decir



que se puede instalar una bobina en 2, 3 o 4 fases dependiendo de la longitud de la misma, y de los factores descritos anteriormente. Hay que tener en cuenta que en las arquetas intermedias que no se emplean para el soplado se ha de dar continuidad el conducto empleado para el soplado, teniendo especial cuidado con las curvaturas del subconducto y la estanqueidad de las uniones para evitar pérdidas de presión.

- Para el tendido ya del cable, se puede emplear un émbolo convencional o un émbolo medidor con sonda.

El sistema trabaja en un campo de velocidad comprendido entre 8 - 80 m/min, con el fin de colocar los cables sensibles a la tracción con el mayor cuidado posible en los conductos.

El sistema de insuflación dispone de un aparato de medición que indica constantemente la velocidad así como la longitud de cable colocada y que desconecta automáticamente el proceso de insuflación al alcanzar los valores límites. Además, a través de una unidad de regulación se ajusta la entrada de aire comprimido y con ello la velocidad del émbolo de manguito en el campo prefijado.

- Durante el proceso de insuflación, el cable de fibra óptica pasará por la oruga de cable con la pieza de empalme de aire comprimido integrada, que estará equipada con discos de junta especiales.
- En caso de que el aire comprimido suministrado por el compresor no fuera suficiente para impulsar el émbolo de manguito al que está acoplado el cable, se conectaría la oruga de cable neumático para apoyar el empuje.
- Se dotará al émbolo de un dispositivo de retención, con el fin de que en caso de quedar detenido el cable, desde el otro lado del tubo se pueda empujar una guía de inserción plástica con aparato de retención, o disparar el aparato de retención mediante un cable auxiliar y acoplarlo al émbolo.
- Durante la realización de los trabajos se han de tener en cuenta las condiciones siguientes:
 - La maquinaria sólo puede ser utilizada en el momento en que esté en las condiciones técnicas debidas y vaya a ser manejada por personal

cualificado, plenamente consciente de los riesgos que pueden derivarse de la operatividad de las maquinas.

- Se debe proceder a rectificar inmediatamente cualquier desorden funcional, en especial todo lo que pueda afectar a la seguridad del equipo.
- La maquinaria debe operar dentro de los límites de utilización adecuados y con la debida observación de las instrucciones del manual operativo y otras directrices de inspección y mantenimiento.

6. Trabajos posteriores al tendido del cable

Tras la realización del tendido de cable de fibra óptica pueden ser necesarias algunas de las siguientes acciones. La realización o no de algunas de estas tareas viene definida por el tipo de tendido realizado:

6.1. Cortado o segregación del cable.

La conexión del cable instalado puede realizarse por medio de un cortado o de una segregación del punto de conexión definido. De este modo, mientras un corte supone una conexión de todos los tubos de ambos cables, una segregación supone el empleo de un determinado número de fibras, dejando el resto en paso.

6.2. Empalme de fibras.

El empalme de las fibras es la acción de unión de los puntos a conectar.

6.3. Remate de arquetas y del cable.

Estos trabajos agrupan las tareas de aseguramiento del cable instalado a las paredes de las arquetas en aquellos casos en los que sea necesario, disponiendo correctamente las cocas en aquel lugar donde se haya acordado su ubicación teniendo en cuenta que las reservas se dejarán en forma de "ocho" o circular quedando sujeta en cuatro (4) puntos y por encima de al menos 300mm del nivel de drenaje si se ubica en una arqueta. Del mismo modo se ha de llevar a cabo el sellado de los conductos por los que se ha tendido el cable.

6.4. Conectorizado en paneles repartidores.

Cuando la instalación del cable tiene como algún extremo un armario repartidor, se ha de llevar a cabo la conexión del cable en las bandejas destinadas a tal efecto debiendo dejar adecuadamente identificadas las conexiones realizadas.

6.5. Etiquetado del cable.

Finalizados los trabajos, se etiquetará el cable instalado según lo especificado en cada caso por el cliente.

6.6. Limpieza y recogida de materiales sobrantes.

Limpieza y recogida de los materiales sobrantes y escombros producidos por los trabajadores incluyendo la limpieza de arquetas en caso de ser necesario.

6.7. Empalme de fibras

El sistema de empalme de fibras permite la unión de dos cables o tramos de cable de F.O., con el mínimo efecto de atenuación producida por la unión. Los empalmes se realizarán en los puntos indicados por el Departamento de Interior del Gobierno Vasco, utilizando en cada tramo la bobina cuya longitud más se aproxime a la longitud del tramo a tender, a fin de minimizar la cantidad de fibra sobrante.

Los empalmes de fibra pueden realizarse mediante varios métodos, pero va a mostrarse el método de fusión por arco eléctrico, que consiste en el calentamiento local de los extremos de la fibra prealineados hasta que se derriten y funden uno con otro.

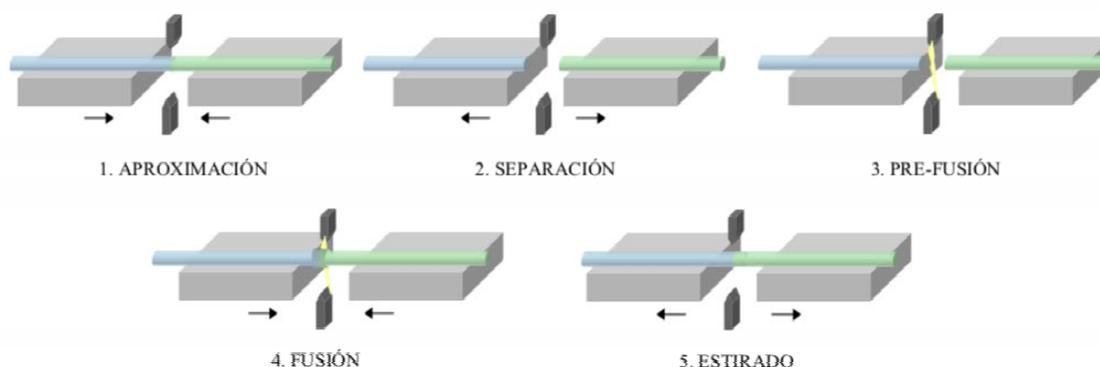


Figura 1. Fusión de fibras ópticas

De modo previo a la realización de las fusiones hay que disponer de las fibras a empalmar. Se diferencia si se empalman todas las fibras o si se realiza una segregación.

Si se empalman todas las fibras:

- Se cortan los extremos de los cables a empalmar a la longitud adecuada en función de la situación del empalme óptico, reservando al menos 10m en cada extremo de los cables.
- Posteriormente, se pela la cubierta de la manguera en una longitud de 3m y se realiza una trenza con las fibras de aramida que posteriormente se sujeta en la caja de empalme en el lugar apropiado para ello.
- Los tubos holgados se pelan a una longitud de 1,5m de modo que quede 1,5m de fibras desnudas a cada lado del empalme. Este excedente se almacena en las cassettes de empalme.

Si se realiza una segregación:

- Hacer dos marcas separadas 0,8 m en la zona central del cable a sangrar.
- Hacer sendos cortes circulares en las marcas anteriores.
- Eliminar la cubierta exterior haciendo uso de la herramienta de sangrado.
- Cortar el Kevlar, el hilo de rasgado y la cubierta en la parte central.
- Realizar las mismas operaciones con la cubierta interior.
- Con los tubos ya al descubierto, localizar el punto de cambio del sentido de paso y medir desde aquí 0,6 m para cada lado, marcando ambos puntos.
- Eliminar las dos cubiertas hasta las marcas realizadas, teniendo cuidado de dejar la cubierta interior 60 mm más larga que la exterior.
- Formar sendas lengüetas, en cada extremo del corte, de 6 x 10 mm con la pantalla.
- Cortar las fibras de aramida a 250 mm de los extremos y formar sendas trenzas encintando el extremo.
- Eliminar elementos resistentes, ligaduras y envolturas al borde de la cubierta.

- Obturar la zona entre cubiertas mediante cinta autovulcanizable, dando dos vueltas sobre cubierta interior y otras dos sobre la exterior (sin cortar la cinta), protegiendo el conjunto con una cinta adhesiva.
- Sujetar el cable en la caja de empalme.

Preparados los cables, la ejecución de las fusiones conlleva los siguientes pasos:

- Los extremos de las fibras a empalmar se han de cortar perpendicularmente, de modo que el corte cumpla con el siguiente criterio.

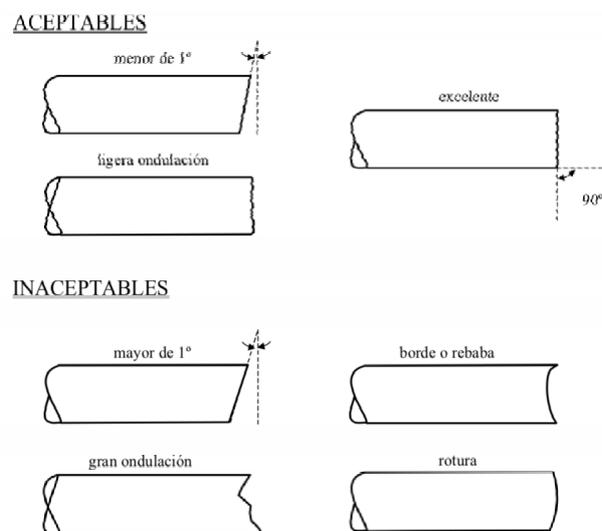


Figura 2. Corte de la fibra óptica

- El empalme de las fibras se realiza mediante máquina automática de fusión por arco eléctrico, debiendo quedar numerado cada empalme. Cada empalme monofibra va protegido con un manguito termorretráctil que contiene un elemento resistente de acero, el cual se aloja en el lugar apropiado dentro de la caja de empalme. La fibra sobrante queda almacenada en la bandeja realizando los bucles necesarios.
- Las fibras a empalmar se distribuyen en las correspondientes bandejas del empalme óptico numerando los tubos con material adecuado, según código de colores correspondiente. Los tubos se cortan a la medida adecuada, y se sujetan a la bandeja colocando las fibras (ya con protección primaria únicamente) en la

zona de almacenamiento de la bandeja. El procedimiento se repite con el total de las bandejas.

- Terminado el empalme de todas las fibras en todas las bandejas, se cierra la caja de empalmes, según indicaciones del fabricante, y se sujeta correctamente según proceda.

6.8. Remate de arquetas y del cable

Se dejarán reservas de 10-15 metros de longitud cada 500 metros en zonas urbanas.

La reserva de cable se grapará en la pared como mínimo en cuatro (4) puntos quedando perfectamente apretada, formando bucles en torno a la caja de empalmes, que en ningún caso deben tener un radio inferior al radio de curvatura mínimo especificado. El cable sobrante se cortará, se identificará la bobina de la que procede y se almacenará para su posterior devolución.

Se sellarán, mediante los elementos definidos y en todas las arquetas, aquellos conductos en los que se ha introducido el cable de fibra óptica con objeto de que no entre ningún elemento extraño en los mismos. Para tal fin se usarán manguitos Raychem o tapones de propileo de material anticorrosivo no reciclado. En ningún caso se utilizarán tapones de espuma o cualquier otro material que pudiera causar imperfecciones en los conductos o en la fibra tendida ya sea directa o indirectamente.

En el caso de “floating” los subconductos no se obturarán al acabar el tendido.

En las arquetas de paso, el cable se deberá proteger con tubo de PVC, del mismo diámetro que el del conducto, cortado por su generatriz, o en su caso, por dos medios caños del mismo material, encintados.

6.9. Paneles repartidores y su conectorizado

Se instalarán los equipos repartidores en los puntos designados para tal fin.

En caso de existir de forma previa panel/armario repartidor en la ubicación a la que se accede con cable de fibra óptica, los cables se instalarán directamente en el repartidor existente.

Las entradas al repartidor de los cables de fibra óptica se realizarán en la parte inferior, dejando el cable bien fijado con los elementos especificados por el fabricante. Dentro del

repartidor la fibra se llevará por los conductos habilitados para tal fin. El cable se asegurará bien durante el recorrido mediante el uso de las bridas necesarias, pero evitando apretar el cable en exceso.

Se cortarán los extremos de los cables a conectar a la longitud adecuada. Posteriormente, se pelará la cubierta de la manguera y se prepararán las puntas del cable de la fibra. A continuación, se realizará el empalme de fibra con *pigtail* y se conectará a los paneles repartidores siguiendo las especificaciones de los colores a la hora de realizar los empalmes.

Se utilizarán los *pigtails* y *jumpers* que se detallan en el Pliego de Prescripciones Técnicas, en el apartado correspondiente a rabillos y latiguillos. En ningún caso se realizará la conectorización sin la utilización de *pigtails* o *jumpers* sin previa consulta Ayuntamiento

Será necesario etiquetar correctamente los paneles repartidores, así como todas las conexiones que se realicen en los mismos.

Una vez finalizados los trabajos de conectorizado, tanto las bandejas de empalme como las de conectores deberán identificarse mediante etiquetas. Cada uno de los conectores del repartidor deberá tener identificado, dentro de estas etiquetas, el destino con el que está unido, siguiendo las indicaciones a este respecto.

6.10. Etiquetado del cable tendido

Las mangueras de fibra óptica tendidas deberán identificarse perfectamente en cada una de las arquetas del tendido realizado. Para ello irán etiquetadas con una tarjeta correctamente plastificada y longitudinal al cable sujeta con dos bridas de plástico. La información a recoger se definirá como parte del proyecto, pero a priori, será de la siguiente forma:

- Ajuntament De Sant Boi De Llobregat
- Tipo y número de fibras en el cable. (SM 128).
- Fabricante y modelo de manguera de fibra óptica.
- Identificación del tramo: Identificación de las arquetas o centros origen y destino.

Las dimensiones mínimas de la etiqueta serán de 5x15 cm aproximadamente y se deberá prestar especial atención a la sujeción de las mismas, de forma que no se desprendan del cable.

7. Materiales para la instalación del cable de fibra óptica

En este apartado se recogen, con carácter general, las características técnicas exigidas por el Ayuntamiento para los materiales comúnmente empleados en la instalación de cable de fibra óptica.

Los suministros de materiales que se correspondan con los aquí indicados, y que el licitador precise realizar como parte del expediente, deberán satisfacer las características indicadas a continuación.

7.1. Repartidor óptico Gran capacidad

Adaptable según la capacidad necesaria en cada centro, para 40, 128, 256 ó 384 fibras según se especifique en cada caso, y cumplirá las siguientes características:

- Deberá disponer de organizadores laterales de latiguillos a ambos lados del repartidor. El cable multifibra y los latiguillos de fibra óptica deberán quedar perfectamente ordenados en el interior del repartidor.
- Deberá presentar una distribución modular, es decir, sobre un mismo chasis se podrán ir añadiendo módulos portabanderas, los cuales contendrán las bandejas de empalme y conectores, de forma que el conjunto pueda ser ampliable.
- Cada módulo portabandejas tendrá una capacidad mínima de 8 bandejas, ya sean de empalmes o de conectores.
- el chasis tendrá capacidad para 9 módulos, pero se instalará equipado con 6 módulos
- Cada módulo portabanderas encajará perfectamente en la estructura del rack.
- Las bandejas de empalmes tendrán una capacidad mínima de 16 empalmes por bandeja.
- Las bandejas de conectores tendrán una capacidad mínima de 8 conectores por bandeja.



- Las bandejas de conectores podrán ser para diversos tipos de conector, equipando conectores SC/PC.
- Las entradas de cable multifibra se deberán realizar mediante elementos prensaestopas.
- En la parte interior de las puertas frontales deberá colocarse un portaplanos.

El chasis del repartidor permitirá su alojamiento tanto en armario Rack ETSI normalizado como en caja para su fijación mural, adecuada según el número de fibras ópticas que deba albergar (40, 128, 256 y 384).

Los repartidores, según su capacidad prevista (40, 128, 256 ó 384 fibras), se instalarán equipados con la configuración especificada a continuación:

- Repartidores de 40 fibras: incluyendo 5 bandejas de conectores y 3 de empalmes.
- Repartidores de 128 fibras: incluyendo 5 bandejas de conectores y 3 de empalmes.
- Repartidores de 256 fibras: incluyendo 16 bandejas de conectores y 8 bandejas de empalmes.
- Repartidores de 384 fibras: incluyendo 32 bandejas de conectores y 16 bandejas de empalmes.
- En los espacios correspondientes a módulos no instalados deberán instalarse elementos de protección (máscaras) para proteger el interior del armario.

7.2. Panel repartidor para rack 19”

Panel repartidor de fibra óptica con capacidad para 1 cable de 16 fibras ópticas, como mínimo. Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

- Módulo para 16 fibras ópticas enrackable de 1U que encaje perfectamente en la estructura del rack donde albergar el panel de fibra óptica.
- El panel dispondrá de 16 conectores de fibra óptica de acceso frontal del tipo SC/PC.
- El panel dispondrá de capacidad para 16 empalmes de fibra óptica entre el cable de entrada al panel y los latiguillos de fibra óptica a los conectores.

- La entrada del cable multifibra se deberá realizar mediante elementos prensaestopas.

El cable multifibra y los latiguillos de fibra óptica deberán quedar perfectamente ordenados en el interior del panel.

7.3. Cajas de empalme

La caja de empalme a suministrar será tipo RAYCHEM o equivalente modelo FIST GCO, adecuada para su instalación en el exterior (tipo “torpedo”), debiendo estar sellada convenientemente. Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

- Caja de empalme de dimensiones adecuadas a las arquetas.
- Capacidad mínima de 128 empalmes de fibra óptica en circuitos de 8 fibras.
- Bandejas con capacidad para almacenar, como mínimo, 8 empalmes.
- Entrada de un mínimo de cuatro cables con un diámetro no inferior a 30 mm.
- Capacidad de organizar las fibras ópticas en circuitos de 8 fibras ópticas.
- Almacenamiento de 1.500 mm de cada fibra óptica en el casete.
- Radio de curvatura de las fibras superior a 30 mm.
- Posibilidad de realizar segregación de cable.

En la siguiente tabla se determinan las características mecánicas y ambientales a satisfacer por la caja de empalme:

| CAJA DE EMPALME. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y AMBIENTALES | | |
|--|---|----------------------------------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Temperatura de instalación [°C] | | -5 a +40 |
| Temperatura de operación [°C] | | -20 a +60 |
| Estanqueidad | IEC 60068-2-17 Presión interna: (40 ± 2) KPa regulada Temperatura: (23 ± 3)°C Duración: 15 minutos | Sin emisión continua de burbujas |
| Tensión axial | Carga/cable: D145x1.000 N (1.000 N máx.) | Conserva estanqueidad |



| CAJA DE EMPALME. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y AMBIENTALES | | |
|--|--|------------------------------------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| | Presión interna: (40 ± 2) KPa regulada Duración: 1 hora cada cable | |
| Torsión | Presión interna: Fuerza: (40 ± 2) KPa regulada Máximo 50 Nm ó 90° de rotación Distancia de aplicación: (10 x D ¹), mínimo 200 mm desde el final del manguito de sellado No de ciclos: 5 por cable | Conserva estanqueidad |
| Flexión | Presión interna: (40 ± 2) KPa regulada Fuerza: Máximo 500 N fuerza ó 30° de curvatura Distancia de aplicación: (10 x D ¹), mínimo 200 mm desde el final del manguito de sellado No de ciclos: 5 por cable | Conserva estanqueidad |
| Impacto | Temperatura: (-5 ± 2)°C Presión interna: (40 ± 2) Kpa Peso/altura: 1 Kg / 2 m No de impactos: 1 | Conserva estanqueidad y apariencia |
| Carga estática | Temperatura: (-5 ± 2)°C Carga: 1.000 N / 25 cm ² Duración: 10 minutos Presión interna: (40 ± 2) KPa regulada | Conserva estanqueidad y apariencia |
| Vibración | IEC-60068-2-6 Presión interna: (40 ± 2) KPa regulada Vibración: (10 ± 1) Hz, sinusoidal Amplitud: 3 mm (6 mm pico a pico) Distancia de fijación: (10 x D ¹), mínimo 500 mm desde el final del manguito de sellado Duración: 10 días | Conserva estanqueidad y apariencia |



| CAJA DE EMPALME. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y AMBIENTALES | | |
|--|--|---|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Ciclos térmicos | IEC 60068-2-14 Temperatura mínima: $(-30 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ Temperatura máxima: $(60 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ Tiempo de aplicación: 4 horas Tiempo de transición: 2 horas Presión interna: (40 ± 2) KPa regulada No de ciclos: 20 | Conserva estanqueidad y apariencia |
| Ciclos térmicos. Incremento de atenuación [dB] | IEC 60068-2-14 Temperatura mínima: $(-10 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ Temperatura máxima: $(60 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ Tiempo de aplicación: 3 horas Tiempo de transición: $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ No de ciclos: 10 Longitud de onda: 1.550 nm | < 0,10 |
| Resistencia a medios agresivos | Presión interna: (40 ± 2) KPa regulada pH 2, pH 12 Queroseno (aceite de lámpara) Medio: Petrolato Gasoil de automóviles Duración: 5 días | Conserva estanqueidad Sin degradación visual |
| Resistencia al agrietamiento | Temperatura: $(50 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ Presión interna: (40 ± 2) KPa regulada Medio: 10 % Igepal Duración: 5 días | Conserva estanqueidad y apariencia |
| Transmisión del vapor de agua [$\mu\text{gm}/\text{h}$] | Temperatura: $(23 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ Condiciones: Sumergido en agua Duración: Hasta equilibrio | < 500 |
| Resistencia a hongos del capuchón / base. Resistencia al impacto [KJ/m ²] | ISO 846, ISO 180 <i>Condiciones de inoculación:</i> Temperatura: $(29 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ Humedad relativa: 90% Duración: 28 días | >4 |

| CAJA DE EMPALME. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y AMBIENTALES | | |
|--|--|----------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| | Temperatura: (-20 ± 2)°C | |
| Resistencia a rayos UV del capuchón / base. Resistencia al impacto [KJ/m2] | ASTM G 154, ISO 180 <i>Ciclo:</i> UV: 8 horas a 60°C Oscuridad: 4 horas a 50°C Tiempo de exposición: 1.000 horas Temperatura: (-20 ± 2)°C | >4 |

Tabla 1. Características mecánicas y ambientales de la caja de empalme

1) D es el diámetro exterior del cable en mm

7.4. Protectores de empalmes

Protectores adecuados para proteger los empalmes de fusión de las fibras ópticas. Se instalarán en casetes de empalme que se ubicarán en los repartidores ópticos y/o cajas de empalme.

Las dimensiones de los protectores serán las adecuadas a las bandejas en que vayan a ser instalados, teniendo en cuenta el número de empalmes que estas deben soportar.

En la elección del protector se tendrá en cuenta que el fabricante disponga, además de los protectores especificados, de otros de las mismas características y diferentes dimensiones y colores, adecuada para los casetes existentes en el mercado.

El protector de empalme estará formado por las siguientes unidades:

- Tubo interior de material adhesivo que cuando el manguito se contraiga, fluya y se deposite sobre la fibra óptica y las protecciones.
- Varilla de acero inoxidable que proporcione rigidez al conjunto. La varilla será recta y libre de imperfecciones.
- Tubo termorretráctil de poliolfiteína que encapsule la varilla de acero y el tubo interior, de forma que los elementos no se muevan ni se puedan desmontar.

El color de los tubos interno y externo será semitransparente. El esquema del protector de empalme y las dimensiones de los diferentes tipos existentes se indican a continuación.

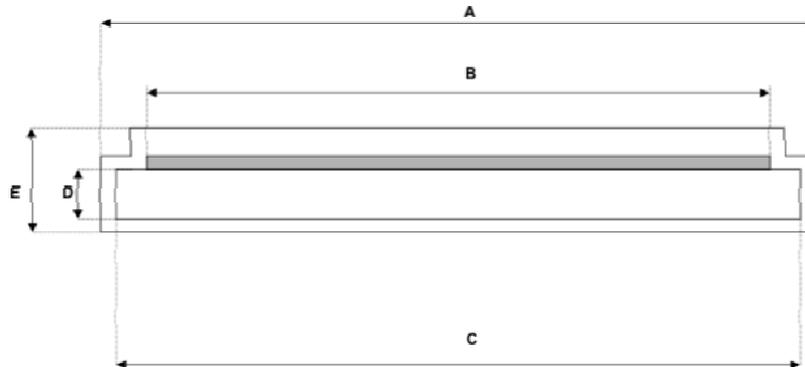


Figura 3. Esquema del protector de empalme

| DIMENSIONES DE LOS PROTECTORES 45/2,4 | | |
|---------------------------------------|--|----------------|
| Dimensión | Parámetro | Criterio |
| A | Longitud de la varilla [mm] | $42 \pm 2,0$ |
| | Diámetro de la varilla [mm] | $1 \pm 1,0$ |
| B | Longitud del tubo interior [mm] | $41 \pm 0,50$ |
| D | Diámetro interior del tubo interior [mm] | $1 \pm 0,10$ |
| C | Longitud del tubo exterior [mm] | $45 \pm 1,0$ |
| E | Diámetro exterior contraído [mm] | $2,4 \pm 0,20$ |

Tabla 2. Dimensiones de los protectores 45/2,4

| DIMENSIONES DE LOS PROTECTORES 68/3,5 | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| Dimensión | Parámetro | Criterio |
| A | Longitud de la varilla [mm] | $56 \pm 2,0$ |

| | | |
|---|--|-------------|
| | Diámetro de la varilla [mm] | 1,5 ± 1,0 |
| B | Longitud del tubo interior [mm] | 61 ± 2,0 |
| D | Diámetro interior del tubo interior [mm] | 1,98 ± 0,10 |
| C | Longitud del tubo exterior [mm] | 68 ± 2,0 |
| E | Diámetro exterior contraído [mm] | 3,5 ± 0,20 |

Tabla 3. Dimensiones de los protectores 68/3,5

Los materiales que forman el manguito serán resistentes a la corrosión. Los protectores no deberán inducir incrementos de la atenuación del empalme superiores a 0,02 dB una vez contraídos. El diseño y materiales de los manguitos deberán asegurar la invariabilidad de los parámetros especificados en un periodo mínimo de operación de 20 años.

| TUBO INTERIOR DEL PROTECTOR DE EMPALME | | |
|---|--------------------|-----------------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Carga de rotura [mPa] | ASTM-D-882 | > 17 |
| Elongación a rotura [%] | ASTM-D-882 | > 600 |
| Índice de fluidez [gr] | BS 2782 | 0,15 <> 2,6 |
| Gravedad específica [g/cm ³] | ISO 1183 | 0,916 |

Tabla 4. Especificaciones técnicas del tubo interior del protector de empalme

| TUBO EXTERIOR DEL PROTECTOR DE EMPALME | | |
|---|--------------------|-----------------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Rango de temperaturas de operación [°C] | | -55 a +135 |
| Carga de rotura [mPa] | ASTM-D-882 | > 21 |

| TUBO EXTERIOR DEL PROTECTOR DE EMPALME | | |
|--|-------------|------------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Elongación a rotura [%] | ASTM-D-882 | > 467 |
| Gravedad específica [g/cm ³] | ISO 1183 | 0,93 |
| Absorción de agua [%] | ISO 62 | < 0,1 |
| Resistencia a hongos | ASTM G-21 | Inerte |
| Resistencia a fluidos | ISO 1817 | Buena |
| Temperatura de contracción [°C] | | 120 <> 130 |

Tabla 5. Especificaciones técnicas del tubo exterior del protector de empalme

| CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL PROTECTOR DE EMPALME | | |
|--|-------------------------|------------------------------|
| Parámetro | Condiciones | Criterio |
| Rango de temperaturas de operación [°C] | | -20 a +80 |
| Rango de temperaturas de almacenamiento [°C] | | -40 a +80 |
| Humedad | 85 °C, 85 % RH, 14 días | No varían parámetros ópticos |
| Ciclos térmicos | 85 °C, 85 % RH, 14 días | No varían parámetros ópticos |

Tabla 6. Características ambientales del protector de empalme

7.5. Rabillos (Pigtails) y latiguillos (jumpers)

Los *pigtails* y *jumpers* son accesorios para realizar la terminación del cable de fibra óptica que se utilizarán para conectar el cable a los repartidores ópticos, repartidor con repartidor y repartidor con los equipos de fibra óptica.

Los tipos de rabillos (*pigtails*) y latiguillos (*jumpers*) se definen por parámetros tales como el tipo de fibra óptica, el tipo de minicable utilizado, el tipo de conector y el pulido de la

férula. Las características de los *pigtails* y *jumpers* objeto del suministro serán las siguientes:

- Fibra óptica monomodo estándar que deberá cumplir la recomendación ITU-T G.652 y en particular con las especificaciones dadas en el presente punto.
- Minicable de 2,4 ó 3 mm.
- Conector tipo SC/PC de acuerdo a la normativa IEC 61754-13.

El mini cable está formado por los cuatro elementos que se presentan en el esquema de la siguiente figura:

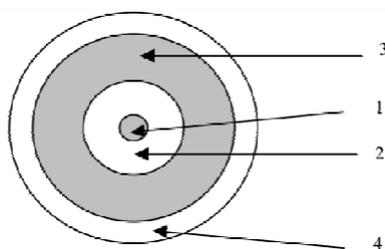


Figura 4. Minicable de fibra óptica

Las componentes del minicable serán:

- Fibra óptica (número 1 en el dibujo): será del tipo mono modo estándar.
- Protección primaria (número 2 en el dibujo): estará compuesta por poliamida.
- Elementos de refuerzo (número 3 en el dibujo): estarán compuestos por ligaduras de aramida para aumentar la fuerza de tracción que pueda soportar el elemento de conexión.
- Cubierta externa (número 4 en el dibujo): el color de la cubierta externa será amarillo para la fibra óptica monomodo.

De modo general, el minicable deberá satisfacer los siguientes requerimientos:

La fibra óptica del minicable será de tipo monomodo estándar, que deberá cumplir la recomendación ITU-T G.652. Se especifican en las siguientes tablas las principales características a las que se deberán ajustar las fibras:

| |
|--|
| PROPIEDADES GENERALES DEL MINICABLE |
|--|

| Parámetro | Valor |
|-------------------------|---------|
| Diámetro [mm] | 2,4 3,0 |
| Radio de curvatura [mm] | ≤ 30,0 |
| Tracción máxima [N] | ≥ 70 |

Tabla 7. Propiedades generales del minicable

| PROPIEDADES ÓPTICAS DE LA FIBRA MONOMODO ESTÁNDAR | | |
|---|-------------------------------|------------|
| Parámetro | Condiciones | Valor |
| Diámetro del campo modal [μm] | λ = 1.310 nm | 9,1 ± 0,5 |
| | λ = 1.550 nm | 10,2 ± 1,0 |
| Coeficiente de atenuación [dB/Km] | λ = 1.310 nm | ≤ 0,40 |
| | λ = 1.550 nm | ≤ 0,27 |
| Variación de la atenuación a 1.310 y 1.550 nm al enrollar en mandril [dB] | 75 vueltas, 75 mm de diámetro | ≤ 0,10 |

Tabla 8. Propiedades ópticas de la fibra monomodo estándar del minicable

| PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LA FIBRA MONOMODO ESTÁNDAR | |
|---|-----------|
| Parámetro | Valor |
| Diámetro del revestimiento [μm] | 125 ± 1,0 |
| Diámetro del recubrimiento primario [μm] | 242 ± 7,0 |

Tabla 9. Propiedades geométricas de la fibra monomodo estándar del minicable

| PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA FIBRA MONOMODO ESTÁNDAR |
|---|
|---|

| Parámetro | Valor |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Tensión de carga de prueba [kpsi] | ≥ 100 (0,7 GN/m ²) |
| Resistencia a la fatiga | ≥ 20 |

Tabla 10. Propiedades mecánicas de la fibra monomodo estándar del minicable

7.6. Protectores de cable

Este tipo de protector se colocará en los extremos de cable de fibra óptica que no vayan a ser empalmados, de forma que queden sellados para evitar la entrada de humedad o elementos en su interior.

El protector se aplicará mediante calentamiento, tras el cual se encogerá sellando el cable. Los protectores a utilizar deben cumplir las siguientes características:

- Realizarán un sellado completo del cable, evitando la entrada de humedad y elementos extraños.
- Serán adaptables al diámetro exterior de los cables suministrados.
- Soportarán temperaturas desde -40°C hasta 60°C.

8. Pruebas sobre el cable de fibra óptica tendido

Dentro del control de calidad, se han de llevar a cabo pruebas de calidad del tendido realizado y de continuidad con la red existente del 100% de las secciones, empalmes y conectores, en todos los tramos y fibras afectados por el tendido:

Las pruebas que se deberán realizar para la validación y aceptación de los trabajos de instalación del cable de fibra óptica serán de diversos tipos:

- Mediciones de atenuación.
- Visuales.
- Otras pruebas *de calidad*.

Las mediciones se realizarán en el 100% de las secciones y empalmes afectados por el tendido. Al final de las mismas, serán entregadas al Ajuntament en papel y en formato

digital, tal y como se especifica en el apartado relativo a documentación a entregar asociada a la instalación.

8.1. Mediciones de atenuación

Las mediciones de atenuación a realizar serán de dos tipos:

- De potencia óptica.
- Reflectométricas.

8.1.1. Medidas de potencia óptica

Las medidas de atenuación se realizarán en un solo sentido. Para las fibras monomodo estándar (ITU-T G.652) las mediciones se harán en 2a (1.310 nm) y 3a ventana (1.550 nm).

Se medirá la diferencia de niveles a la entrada y a la salida de la fibra bajo prueba, para lo cual se utilizará una fuente y un medidor de potencia óptica. El método que se empleará para medir la atenuación es el de inserción.

Para realizar las medidas de potencia óptica se deberá tener en cuenta lo siguiente:

El emisor deberá ser de gran estabilidad y el receptor deberá presentar respuesta lineal.

Las variaciones sufridas en el acoplo del emisor a la fibra óptica deberán ser mínimas ante variaciones del nivel de potencia, longitud de onda y temperatura.

Se deberá tener especial cuidado en no ensuciar ninguno de los componentes con los que se realice la medida.

8.1.1.1. Metodología de trabajo

Teniendo en cuenta que los tramos de fibra tendidos y/o empalmados son continuación de la red de fibra existente, las mediciones de potencia serán realizadas desde los repartidores ópticos situados en los extremos de la fibra (incluidos tramos anteriormente tendidos, empalmados y conectorizados).

Los equipos de medida utilizados deberán ser los adecuados a los tramos de fibra a medir.

Inicialmente, se medirá la potencia óptica a la salida de la fuente de luz, utilizando los latiguillos y transiciones de acoplo a la fibra que se utilizarán en la medida. El valor obtenido será P_0 (dBm).

A continuación, sin soltar las conexiones de los latiguillos a los equipos de medida, se realizarán las mediciones del tramo de fibra requerido, obteniendo un valor P_1 (dBm).

El valor de la atenuación total en el tramo se calculará mediante la expresión:

$$A \text{ (dB)} = P_0 - P_1$$

Para verificar que no se ha producido ningún error en la medida, al final del proceso se volverá a medir la potencia de la fuente óptica P_0 (dBm), comprobando que el resultado no varía en más de 0,3 dB del obtenido al principio.

8.1.1.2. Valores de aceptación

El valor de atenuación obtenido deberá ser menor al calculado mediante la siguiente formula:

$$A = L \cdot \alpha T + N_e \cdot \alpha E + N_c \cdot \alpha C$$

A: Atenuación máxima de la sección (dB).

L: Longitud de la fibra (Km).

αT : Atenuación máxima por Kilómetro de la fibra (dB/Km), dada por la tabla siguiente:

| TIPO DE FIBRA | LONGITUD DE ONDA | ATENUACIÓN LÍMITE (α_T) |
|---------------------------|------------------|----------------------------------|
| Monomodo estándar (G.652) | 1.310 nm | $\leq 0,36$ dB/Km |
| Monomodo estándar (G.652) | 1.550 nm | $\leq 0,23$ dB/Km |

Tabla 11. Atenuación de la fibra monomodo en función de la longitud de onda

N_e : Numero de empalmes en el tramo medido.

αE : Atenuación media máxima por empalme permitida (0,10 dB).

N_c : Número de conectores.

α_C : Atenuación máxima por conjunto conector-*pigtail* permitida (0,60 dB).

8.1.1.3. Medidas de reflectometría

Estas medidas permitirán evaluar la continuidad de la fibra, detectar defectos y medir empalmes. Serán medidas de retroesparcimiento realizadas con reflectómetros ópticos (OTDR), trabajando en 1.310 nm y 1.550 nm que son las longitudes de onda del tipo de fibra monomodo estándar (ITU -T G.652) que se utilizará.

Las medidas reflectométricas deberán realizarse obligatoriamente en ambos sentidos, obteniéndose las atenuaciones correspondientes como la semisuma algebraica de los valores medidos en los dos sentidos de la transmisión.

Entre el OTDR y la fibra bajo prueba se deberá instalar una bobina de lanzamiento de una longitud no inferior a 800 metros.

Las mediciones de potencia serán realizadas desde los repartidores ópticos situados en los extremos de la fibra.

Los OTDR utilizados deberán ser los adecuados a los tramos de fibra a medir.

La anchura del pulso empleado en cada tramo deberá ser el menor posible para aumentar la resolución en distancia, pero debiendo garantizarse al mismo tiempo una relación señal a ruido (SNR) adecuada en el extremo opuesto de la fibra bajo prueba.

Se valorará que se utilicen diferentes longitudes del pulso (pulsos cortos para caracterizar las zonas más cercanas a la fibra y pulsos de mayor longitud para las más alejadas).

Deberá realizarse un promediado de un número suficiente de pulsos de modo que la traza obtenida sea de buena calidad.

En la documentación proporcionada por el adjudicatario deberá indicarse la anchura del pulso utilizada en cada medición, así como el índice de refracción de la fibra considerado.

8.1.2. Medición de la atenuación del tramo

Normalmente no será posible la realización de la medida de la atenuación en el total del tramo medido. Se deberá dar el valor de la atenuación kilométrica entre los puntos más alejados que presenten un comportamiento lineal dentro del tramo.

Si se dieran varias pendientes a lo largo de cada 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.

Los valores máximos para estas medidas son los indicados anteriormente en la Tabla 15. Atenuación de la fibra monomodo en función de la longitud de onda.

8.1.3. Medición de la atenuación de los empalmes de línea

La medida deberá realizarse con la técnica de la retrodifusión bidireccional, utilizando el ajuste de aproximación por mínimos cuadrados (LSA).

La valoración de la atenuación producida por el empalme deberá obtenerse mediante la semisuma algebraica de los valores medidos en los dos sentidos de transmisión.

Para cada tramo instalado deberán realizarse medidas para todas las fibras ópticas. Para cada una de estas medidas deberá obtenerse el valor medio de las atenuaciones introducidas por los empalmes existentes en el tramo. Este valor se obtendrá como la media algebraica de las atenuaciones correspondientes a cada empalme del tramo, las cuales deberán haber sido calculadas como la semisuma de los valores obtenidos en ambos sentidos de transmisión.

El valor de aceptación para el valor medio de atenuación por empalme en un tramo será de 0,10 dB para todas las ventanas de trabajo. No obstante, no se aceptarán en ningún caso empalmes cuya atenuación individual sea superior a 0,15 dB.

8.1.4. Medidas de las pérdidas de inserción de los conectores y de las pérdidas de retorno en el conjunto conector - adaptador - conector

Las medidas reflectométricas se realizarán desde ambos extremos intercalando una bobina de prueba de al menos 800 metros.

Es necesario verificar que la atenuación de la señal a través de los conectores no supere el valor máximo permitido.

La conectorización en el repartidor óptico se realizará por medio de *pigtail*. Por ello, la atenuación total del conjunto conector - adaptador - conector y el *pigtail* (incluyendo el empalme), no podrá ser superior a 0,60 dB.

Las pérdidas de retorno en el conjunto conector - adaptador - conector deberán ser no inferiores a 45 dB.

8.2. Visuales

Además de las medidas de atenuación indicadas anteriormente, deberán realizarse las siguientes comprobaciones visuales:

8.2.1. Comprobaciones visuales para el cable

- Verificación de que hay cable instalado.
- Verificación de que el cable se ha tendido por el conducto designado para ello.
- Verificación del correcto etiquetado del cable.
- Verificación de que el radio de curvatura del cable es superior al especificado en todas las arquetas del recorrido.

8.2.2. Comprobaciones visuales para la caja de empalme

- Correcto estado de la caja de empalmes.
- Correcta instalación de la misma.
- Correcta protección y ubicación de los empalmes en la caja.
- Correcto corte de los cables para realizar el empalme.
- Correcta etiquetación de los empalmes y durabilidad de la misma.
- Correcto cierre y ubicación de la caja en la arqueta.
- No deterioro de la caja en su apertura, manipulación o cierre.
- Eliminación de escombros y sobrantes.

8.2.3. Comprobaciones visuales para el repartidor óptico

- Correcto estado del repartidor óptico.
- Correcta instalación del mismo.
- Correcta limpieza de los conectores.
- Correcta realización de la conectorización.

- Limpieza y recogida exhaustiva de los materiales sobrantes y escombros producidos en la ejecución.

8.3. Otras pruebas de calidad

Para certificar la calidad de los protectores de empalme instalados, deberá proporcionarse la documentación de certificación especificada en la siguiente tabla:

| PARÁMETRO | MUESTREO | DOCUMENTACIÓN |
|---------------------------------|--|--|
| Propiedades de la materia prima | Homologación del proveedor y pruebas tipo por muestreo aleatorio | Certificado del suministrador |
| Ensayos ópticos | Homologación de proveedor y pruebas tipo por muestreo aleatorio | Documento de certificación con ficha técnica |
| Ensayos mecánicos | Homologación de proveedor y pruebas tipo por muestreo aleatorio | Documento de certificación con ficha técnica |
| Ensayos dimensionales | Homologación de proveedor y pruebas tipo por muestreo aleatorio | Documento de certificación con ficha técnica |

Tabla 12. Pruebas de calidad para los protectores de empalme

9. Documentación de la instalación de cable de fibra óptica

Una vez concluidos los trabajos de instalación del cable de fibra óptica, la empresa adjudicataria deberá entregar la información definida en este documento en los formatos definidos, referente a:

- Fotografías de las arquetas.
- Documentación alfanumérica.
- Documentación gráfica.
- Resultados de las pruebas realizadas.

La información se entregará clasificada en función de los diferentes tendidos (tramos) realizados. Asimismo, el Ajuntament podrá solicitar la información adicional que considere necesaria respecto de los trabajos realizados.

9.1. Fotografías de las arquetas

El adjudicatario deberá entregar fotografías en formato digital de todas y cada una de las arquetas por las que pasa el tendido del cable.

Para cada una de las arquetas por las que pasa el cable se deberán tomar las siguientes fotografías:

- Fotografía donde se muestre claramente la cara de la arqueta por donde entra el cable.
- Fotografía donde se muestre claramente la cara de la arqueta por donde sale el cable.
- Fotografía del interior de la arqueta para mostrar su ocupación.
- Fotografía panorámica de la arqueta.
- Fotografías que muestren con claridad la caja de empalme dentro de la arqueta (únicamente en caso de que en la arqueta se haya instalado una caja de empalme).
- Fotografía del cable, mostrando el marcado de cubierta y la etiqueta que posee.

En las dos primeras fotografías deberá marcarse el conducto en el que se ha instalado el cable, permitiendo su identificación sin ningún tipo de dudas. Para ello se podrá marcar el tubo en la propia fotografía o adjuntar un esquema donde se muestren todos los tubos e identificar el conducto en cuestión.

9.2. Documentación alfanumérica

De forma general, el instalador deberá proporcionar información sobre los siguientes puntos:

- Cables instalados.
- Modelos de cajas de empalme utilizadas.
- Ubicación de las cajas de empalme instaladas y empalmes que estas contienen.
- Datos generales.

Esta información deberá ser entregada por el Adjudicatario en formato electrónico.

9.3. Documentación gráfica - Planos

Para completar la documentación “as built” generada, deberán entregarse planos, tanto en formato papel como electrónico, que representen de una forma sencilla e intuitiva la siguiente información:

- Planos “as built” cartográficos del tendido.
- Tendido de los cables de fibra óptica, donde se identifiquen los tramos en los que se hayan instalado dichos cables, incluyendo diversa información como su longitud, reservas realizadas, arquetas por donde discurre el tendido, etc.
- Empalmes de fibra óptica, donde se represente de forma clara los empalmes realizados en una arqueta.
- Repartidores de fibra óptica, donde se muestren las conexiones entre las fibras de un cable de acometida a un centro del Departamento de Interior del Gobierno Vasco y los pigtails de conexionado.

Como norma general, deberán tenerse en cuenta las siguientes especificaciones:

- Los planos se realizarán en Autocad versión 14 o compatible (siempre en AutoCAD).
- Los planos realizados deberán ajustarse a los modelos definidos por el Ajuntament y que serán entregados al adjudicatario.
- Los planos se representarán en formato A-3, excepto en los casos en los que sea recomendable un tamaño mayor para garantizar la correcta interpretación del plano.

10. Resultados de las pruebas realizadas

El adjudicatario deberá entregar, en formato papel y electrónico, los resultados de las pruebas realizadas tras el tendido del cable de fibra óptica.

Las mediciones de atenuación entregadas deberán incluir, como mínimo, la siguiente información:

- Tramo en el que se ha realizado la prueba.
- Tipo de cable al que se ha realizado la prueba.



- Fecha de ensayo.
- Tipo de medida realizada (potencia óptica o reflectométrica).
- Marca, modelo y número de serie del equipamiento utilizado para la prueba.
- Anchura del pulso e índice de refracción empleados en la medida (únicamente para mediciones reflectométricas).
- Resultados obtenidos. En el caso de medidas reflectométricas se deberá recoger el gráfico de la traza medida, así como una tabla con los eventos detectados.

El adjudicatario deberá proporcionar los certificados de calibración de los equipos que se utilicen en las medidas de atenuación.