



## **ANEXO II**

# **Especificaciones técnicas para la instalación de fibra óptica**



## ÍNDICE

1. PANEL REPARTIDOR PARA RACK 19" .....	1
2. BANDEJA DE EMPALME.....	2
3. RABILLOS (PIGTAILS) Y LATIGUILLOS (JUMPERS).....	5
4. FUSIONES DE FIBRA ÓPTICA .....	7
5. PRUEBAS SOBRE EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA TENDIDO .....	10
5.1. MEDICIONES DE ATENUACIÓN.....	10
5.2. VISUALES .....	13
5.3. OTRAS PRUEBAS DE CALIDAD.....	14



## ***1. PANEL REPARTIDOR PARA RACK 19”***

Los paneles de fibra óptica a suministrar han de ser paneles con capacidad para 1 cable de 24 fibras ópticas. Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

- *Módulo para 24 fibras ópticas enrackable de 1U que encaje perfectamente en la estructura del rack donde albergar el panel de fibra óptica.*
- *El panel dispondrá de 24 conectores de fibra óptica de acceso frontal del tipo SC/PC.*
- *El panel dispondrá de capacidad para 24 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.

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.

## 2. BANDEJA DE EMPALME

La bandeja de empalme a suministrar será totalmente compatible con la caja de empalme existente en cada caso. Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

- *Bandeja de empalme adecuada a la caja de empalme.*
- *Capacidad mínima de 8 empalmes de fibra óptica.*

Incluirán el suministro de los protectores adecuados para proteger los empalmes de fusión de las fibras ópticas. Se instalarán en casetes de empalme que se ubicarán en repartidores ópticos de interior y en cajas de empalme de exterior.

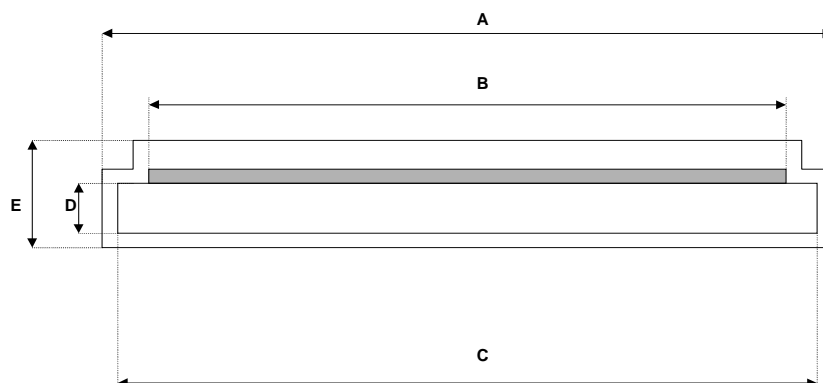
Las dimensiones de los protectores serán las adecuadas a las bandejas en que vayan a ser instalados, teniendo en cuenta el número de empalmes que éstas deben soportar.

En la elección del protector será conveniente tener en cuenta que el fabricante disponga, además de los protectores especificados, de una familia completa 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 semi-transparente. El esquema del protector de empalme se presenta en la siguiente figura y las dimensiones de los diferentes tipos existentes se especifican a continuación:



DIMENSIONES DE LOS PROTECTORES 45/2,4		
Dimensión	Parámetro	Criterio
A	Longitud de la varilla [mm]	42 ± 2,0

<b>DIMENSIONES DE LOS PROTECTORES 45/2,4</b>		
<b>Dimensión</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Criterio</b>
	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]	$2,4 \pm 0,20$

<b>DIMENSIONES DE LOS PROTECTORES 68/3,5</b>		
<b>Dimensión</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Criterio</b>
A	Longitud de la varilla [mm]	$56 \pm 2,0$
	Diámetro de la varilla [mm]	$1,5 \pm 1,0$
B	Longitud del tubo interior [mm]	$61 \pm 2,0$
D	Diámetro interior del tubo interior [mm]	$1,98 \pm 0,10$
C	Longitud del tubo exterior [mm]	$68 \pm 2,0$
E	Diámetro exterior contraído [mm]	$3,5 \pm 0,20$

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.

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

<b>TUBO EXTERIOR DEL PROTECTOR DE EMPALME</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Criterio</b>
Rango de temperaturas de operación [°C]		-55 a +135
Carga de rotura [mPa]	ASTM-D-882	$> 21$
Elongación a rotura [%]	ASTM-D-882	$> 467$



<b>TUBO EXTERIOR DEL PROTECTOR DE EMPALME</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Criterio</b>
Gravedad específica [g/cm <sup>3</sup> ]	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

<b>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL PROTECTOR DE EMPALME</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Criterio</b>
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

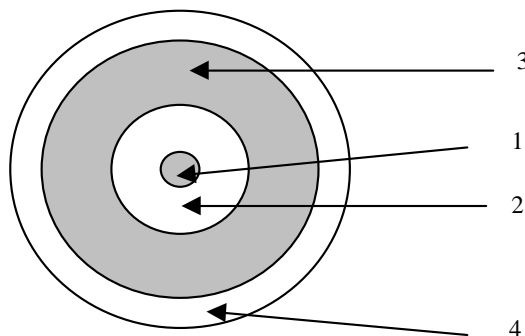
### 3. RABILLOS (PIGTAILS) Y LATIGUILLOS (JUMPERS)

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.*

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



Las componentes del minicable serán:

- *Fibra óptica (número 1 en el dibujo): será del tipo monomodo estándar.*
- *Protección primaria (numero 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:

PROPIEDADES GENERALES DEL MINICABLE	
Parámetro	Valor
Diámetro [mm]	2,4 3,0
Radio de curvatura [mm]	≤ 30,0
Tracción máxima [N]	≥ 70

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:

<b>PROPIEDADES ÓPTICAS DE LA FIBRA MONOMODO ESTÁNDAR</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Valor</b>
Diámetro del campo modal [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda = 1.310 \text{ nm}$	$9,1 \pm 0,5$
	$\lambda = 1.550 \text{ nm}$	$10,2 \pm 1,0$
Coeficiente de atenuación [dB/Km]	$\lambda = 1.310 \text{ nm}$	$\leq 0,40$
	$\lambda = 1.550 \text{ nm}$	$\leq 0,27$
Variación de la atenuación a 1.310 y 1.550 nm al enrollar en mandril [dB]	75 vueltas, 75 mm de diámetro	$\leq 0,10$

<b>PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LA FIBRA MONOMODO ESTÁNDAR</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Diámetro del revestimiento [ $\mu\text{m}$ ]	$125 \pm 1,0$
Diámetro del recubrimiento primario [ $\mu\text{m}$ ]	$242 \pm 7,0$

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA FIBRA MONOMODO ESTÁNDAR</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Tensión de carga de prueba [kpsi]	$\geq 100 (0,7 \text{ GN/m}^2)$
Resistencia a la fatiga	$\geq 20$

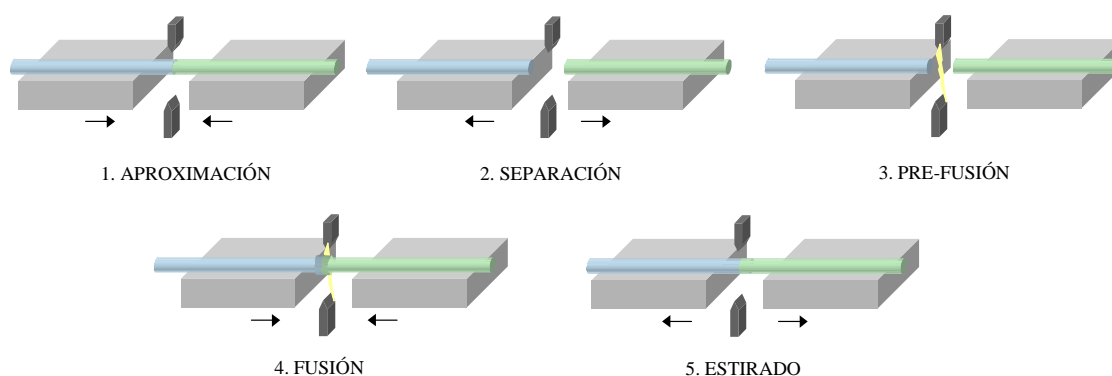
Los conectores del minicable serán tipo FC o SC con pulido PC según los conectores disponibles en el repartidor de fibra óptica de cada emplazamiento.



## 4. FUSIONES DE FIBRA ÓPTICA

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 DIGV.

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.



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:

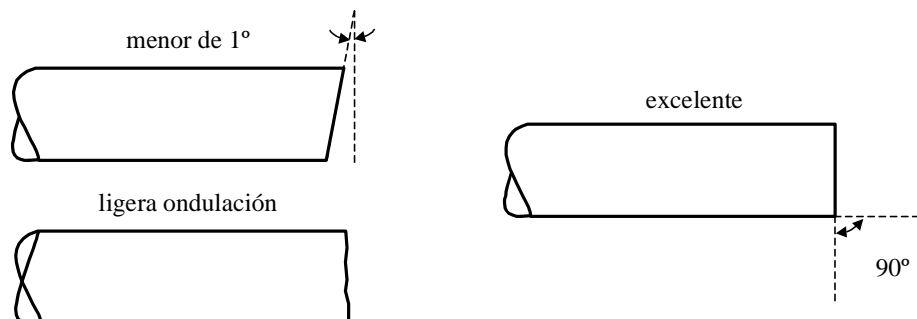
- *Hacer dos marcas separadas 0,8 m en la zona central del cable a sangrar.*
- *Hacer sendos cortes circulares en las marcas anteriores.*
- *Eliminar la cubierta exterior haciendo uso de la herramienta de sangrado.*
- *Cortar el Kevlar, el hilo de rasgado y la cubierta en la parte central.*
- *Realizar 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.

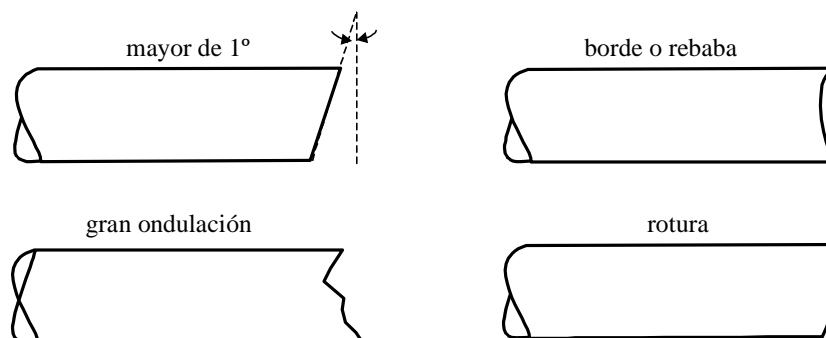
Preparados los cables, la ejecución de las fusiones conlleva los siguientes pasos:

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

### ACEPTABLES



### INACEPTABLES



- 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.*

## **5. PRUEBAS SOBRE EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA TENDIDO**

Dentro del control de calidad, se han de llevar a cabo pruebas de calidad de las instalaciones realizadas y de continuidad con la red existente del 100% de las secciones, empalmes y conectores, en todos los tramos y fibras afectados por los trabajos.

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 los trabajos. Al final de las mismas, serán entregadas al DIGV en papel y en formato informático, tal y como se especifica en el anexo relativo a documentación a entregar.

### **5.1. MEDICIONES DE ATENUACIÓN**

Las mediciones de atenuación a realizar serán de dos tipos:

- *De potencia óptica.*
- *Reflectométricas.*

#### **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). Las medidas correspondientes a las fibras de dispersión desplazada no nula se realizarán en 3ª ventana (1.550 nm), valorándose que también se efectúen para 4ª ventana (1.625 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 deberá ser tenido 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.*

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 P0 (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 P1 (dBm).

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

$$A \text{ (dB)} = P0 - P1$$

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 P0 (dBm), comprobando que el resultado no varía en más de 0,3 dB del obtenido al principio.

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

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

A: Atenuación máxima de la sección (dB).

L: Longitud de la fibra (Km).

$\alpha T$ : Atenuación máxima por Kilómetro de la fibra (dB/Km), dada por la siguiente tabla:

TIPO DE FIBRA	LONGITUD DE ONDA	ATENUACIÓN LÍMITE ( $\alpha_T$ )
Monomodo estándar (G.652)	1.310 nm	$\leq 0,36$ dB/Km
Monomodo estándar (G.652)	1.550 nm	$\leq 0,23$ dB/Km
Monomodo dispersión desplazada no nula (G.655)	1.550 nm	$\leq 0,25$ dB/Km
Monomodo dispersión desplazada no nula (G.655)	1.625 nm	$\leq 0,25$ dB/Km

$N_e$ : Numero de empalmes en el tramo medido.

$\alpha E$ : Atenuación media máxima por empalme permitida (0,10 dB).

$N_c$ : Número de conectores.

$\alpha C$ : Atenuación máxima por conjunto conector-pigtail permitida (0,60 dB).

### **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 diferentes longitudes de onda en función del tipo de fibra:

- *Fibra monomodo estándar (ITU-T G.652): las medidas se realizarán a 1.310 nm y 1.550 nm.*
- *Fibra monomodo de dispersión desplazada no nula (ITU-T G.655): las medidas se realizarán a 1.550 nm, valorándose que se también se hagan a 1.625 nm.*

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.

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 (esto incluye tramos anteriormente tendidos, empalmados y conectorizados).

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

La anchura del pulso empleado en cada tramo deberá 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.

#### 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.

#### 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.



### 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.

## **5.2. VISUALES**

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

### **Comprobaciones visuales para la caja de empalme**

- *Correcto estado de la caja de empalme.*
- *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.*

### **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.*



### 5.3. 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:

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MUESTREO</b>	<b>DOCUMENTACIÓN</b>
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