



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

L.12

(05/2000)

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

Empalmes de fibra óptica

Recomendación UIT-T L.12

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

Empalmes de fibra óptica

Resumen

Los empalmes constituyen puntos críticos de la red de fibra óptica, ya que influyen mucho no sólo en la calidad de los enlaces sino también en la duración de los mismos. De hecho, el empalme garantiza la estabilidad y alta calidad de funcionamiento a lo largo del tiempo. Se suele decir que un empalme es de alta calidad cuando la pérdida que se produce en él es reducida y su resistencia a la tracción se acerca al nivel de prueba de la fibra. Los empalmes deberán ser estables durante la vida útil para la que se ha diseñado el sistema en las condiciones ambientales previstas.

En la actualidad se pueden utilizar dos tecnologías, por fusión y mecánica, para empalmar fibras ópticas de cristal y la elección de una y otra depende de la calidad de funcionamiento esperada y de consideraciones relativas a la instalación y el mantenimiento. Los empalmes se diseñan de modo que permitan conexiones permanentes.

Orígenes

La Recomendación UIT-T L.12, preparada por la Comisión de Estudio 6 (1997-2000) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la CMNT el 12 de mayo de 2000.

PREFACIO

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

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

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

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

NOTA

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

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 2001

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

Página

1	Alcance	1
2	Referencias normativas.....	1
3	Tipos de empalmes: Descripción general	1
3.1	Empalmes por fusión.....	1
3.2	Empalmes mecánicos	2
4	Pasos del procedimiento de empalmado	2
4.1	Limpieza de las fibras y preparación de los extremos.....	2
4.2	Eliminación del recubrimiento	3
4.3	Limpieza de los extremos desnudos de las fibras	3
4.4	Corte de las fibras.....	3
4.5	Empalmes.....	4
4.5.1	Empalmes por fusión mediante arco eléctrico	4
4.5.2	Empalme mecánico.....	7
4.6	Mediciones de la pérdida de empalmes en el terreno.....	8
5	Propiedades funcionales de los empalmes.....	9
5.1	Comportamiento óptico	9
5.2	Comportamiento mecánico	10
5.3	Comportamiento medioambiental	10
Apéndice I – Materiales de adaptación de índices de refracción para empalmes de fibra óptica mecánicos		10
Apéndice II – Experiencia italiana con empalmes de fibras ópticas.....		11
Apéndice III – Experiencia japonesa con empalmes de fibras ópticas		20
Apéndice IV – Bibliografía		22

Recomendación UIT-T L.12

Empalmes de fibra óptica

1 Alcance

La presente Recomendación se refiere a la fabricación de empalmes de fibras ópticas monomodo y multimodo. Describe un procedimiento adecuado de realización de empalmes que deberá seguirse cuidadosamente para obtener empalmes fiables entre fibras o cintas de fibras ópticas. Este procedimiento se aplica tanto a empalmes monofibras como a cintas de fibras (empalmes en masa). Además, en esta Recomendación se hacen recomendaciones sobre las características ópticas, mecánicas y ambientales de los empalmes y sobre los métodos de prueba adecuados. El Manual del CCITT "Construcción, instalación, empalme y protección de cables de fibra óptica" contiene más información al respecto.

Las fibras deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UIT-T [1], [2], [3], [4] y [5].

2 Referencias normativas

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Recomendación UIT-T G.651 (1988), *Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm .*
- [2] Recomendación UIT-T G.652 (2000), *Características de un cable de fibra óptica monomodo.*
- [3] Recomendación UIT-T G.653 (2000), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada.*
- [4] Recomendación UIT-T G.654 (2000), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado.*
- [5] Recomendación UIT-T G.655 (2000), *Características de un cable de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula.*
- [6] CEI 61300 series, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures.*
- [7] CEI 61073 series, *Mechanical splices and fusion splice protectors for optical fibres and cables.*

3 Tipos de empalmes: Descripción general

3.1 Empalmes por fusión

Existen diferentes métodos de obtener un empalme por fusión de fibras o cintas de fibras. En la actualidad, la fusión por arco eléctrico es el método más utilizado para hacer en el terreno empalmes fiables de fibras ópticas ya sean simples o en masa. El proceso de fusión se lleva a cabo utilizando

máquinas empalmadoras construidas de manera específica en las que la reproducibilidad y sencillez de la operación ha mejorado de manera continua durante la última década.

Para hacer un empalme por fusión, se retiran todos los recubrimientos de las fibras, que se cortan y a continuación se posicionan y alinean entre dos electrodos en la máquina de empalmar. Un arco eléctrico calienta el vidrio de sílice hasta que se alcanza el punto de "fusión" o ablandamiento y al mismo tiempo se juntan las fibras longitudinalmente de tal manera que se obtenga un empalme con continuidad geométrica. Este proceso genera un filamento de vidrio continuo. La alineación de las fibras en estas máquinas puede ser pasiva (alineación en ranuras en V) o activa (inyección de luz y sistema de detección o supervisión del perfil del núcleo/revestimiento y sistema de alineación). A continuación se aplica al empalme un dispositivo de protección adecuado para proteger la fibra desnuda y facilitar su manipulación y almacenamiento sin afectar adversamente a la integridad física del empalme. La calidad del corte y la intensidad y duración del arco eléctrico, así como las diferencias entre las dos fibras que se han de empalmar, determinan la pérdida del empalme. Además, el esmero con que se lleve a cabo la eliminación de los recubrimientos, el corte de la fibra y la protección del empalme contribuyen a la fiabilidad mecánica a largo plazo en el terreno.

3.2 Empalmes mecánicos

Los empalmes mecánicos tienen estructuras y diseños físicos distintos, y normalmente incluyen los componentes básicos siguientes:

- superficie para alinear los extremos de las fibras correspondientes;
- un dispositivo de retención para mantener las fibras alineadas;
- material de adaptación de índices (gel, grasa, adhesivo, etc.) colocado entre los extremos de las fibras.

Se pueden utilizar para monofibras o cintas de fibras. Algunos diseños permiten su instalación en fábrica en las fibras del extremo de un cable a fin de que la realización del empalme en el terreno sea más rápida.

Para reducir las reflexiones de Fresnel se puede utilizar un material de adaptación óptica entre los extremos de las fibras. El material se elegirá de modo que iguale las propiedades ópticas de las fibras. Entre los materiales utilizados corrientemente figuran los geles de silicona, los adhesivos curables por rayos ultravioleta, las resinas epóxicas y las grasas ópticas.

El índice de refracción de estos materiales tiene una dependencia de la temperatura diferente.

4 Pasos del procedimiento de empalmado

4.1 Limpieza de las fibras y preparación de los extremos

En el caso de cables rellenos de un fluido gelatinoso, deberá eliminarse mecánicamente de las fibras ese fluido hidrófugo utilizando tejido de papel sin hilachas o trapos de algodón. Se pueden utilizar los disolventes comerciales disponibles para ayudar en esta limpieza. Habrá que actuar con cuidado para que el material matriz de las cintas y los recubrimientos de las fibras no sufran ningún daño de tipo mecánico o químico. La inmersión en disolventes durante mucho tiempo puede afectar negativamente al recubrimiento de las fibras. Por otra parte, el suministrador del disolvente deberá aportar toda la información relacionada con la seguridad de estos productos.

La máquina empalmadora por fusión o la herramienta de ensamblaje mediante empalmes mecánicos deberán estar cerca del cierre del empalme, para no someter a las fibras a un esfuerzo excesivo por flexión, tracción o presión.

Los extremos que se han de empalmar deberán identificarse siguiendo el sistema de identificación del cable que designa las fibras dentro del mismo.

Si se utilizan dispositivos de protección de tipo tubular, deberán situarse en uno de los extremos de las fibras o las cintas de fibras que se han de empalmar antes de efectuar esa operación. Una vez completado el empalme, se pueden adaptar protectores de tipo mordaza bivalva.

4.2 Eliminación del recubrimiento

Donde así proceda, deberán eliminarse los recubrimientos secundarios (construcciones a base de tubos protectores apretados o sueltos) hasta la distancia recomendada por el fabricante del protector del empalme utilizando la herramienta adecuada para descubrir el recubrimiento primario.

Deberá eliminarse una porción suficiente de recubrimiento de los extremos de manera que, tras el corte y empalme, toda la fibra desnuda quede cubierta por el dispositivo de protección. La eliminación del recubrimiento podría ser la operación más crítica del procedimiento de empalmado, sobre todo si se ha de llevar a cabo en fibras que han permanecido instaladas en el terreno durante muchos años, ya que quizás sea entonces más difícil debido al envejecimiento. Esta operación debe efectuarse, por tanto, con cuidado porque la resistencia final del empalme una vez completado depende de que se reduzca al mínimo la exposición que puede provocar grietas en la fibra desnuda.

El procedimiento seguido para desnudar la fibra podría ser químico o mecánico, dependiendo de las aplicaciones y de la calidad deseada. Si se sigue un procedimiento químico, toda la información relacionada con la seguridad del producto deberá ser facilitada por el fabricante. Lo normal es que, en el caso de aplicaciones subterráneas, enterradas directamente o aéreas, la fibra se desnude siguiendo un procedimiento mecánico. La separación de la cuchilla y la alineación de las aperturas semicirculares o de ranura en V deberá ser controlada para penetrar en la capa de recubrimiento interna blanda sin erosionar la superficie de la fibra. Las cuchillas deberán ser objeto de un examen minucioso y frecuente. Habrán de estar bien alineadas y limpias en todo momento y habrá que sustituirlas cuando se dañen o se gasten. Si las cuchillas forman parte integrante del dispositivo con el que se desnuda el cable, será la herramienta en su totalidad lo que habrá que reemplazar. Cuando la fibra se desnude siguiendo procedimientos mecánicos en caliente, sobre todo si se trata de cintas de fibras, deberá calentarse el recubrimiento hasta la temperatura recomendada por el fabricante de la cinta, y a continuación eliminarlo con una cuchilla. En el caso de aplicaciones submarinas, el procedimiento químico es el más adecuado por el mayor nivel de las pruebas requeridas.

Para desnudar, cortar y empalmar cintas de fibras se utilizan siempre soportes, que algunas veces se utilizan también con sistemas empalmadores de monofibras. Las cintas se sujetan en un soporte antes de desnudarlas y cortarlas, y durante el proceso de fusión. El soporte deberá asegurar una buena alineación de las fibras sin dañarlas. Sólo la parte recubierta de la fibra o la cinta deberá ponerse en el soporte, de manera que las mordazas con las que se sujeta no le causen daño alguno. Los soportes deberán mantenerse limpios y sin residuos de ninguna clase. Cuando se hacen empalmes mecánicos, los soportes pueden ser necesarios o pueden no serlo durante la eliminación de los recubrimientos y/o durante el corte.

4.3 Limpieza de los extremos desnudos de las fibras

Cuando se necesite que los extremos de las fibras estén limpios, deberán limpiarse los extremos desnudos con un tejido de papel empapado en alcohol de calidad para reactivos a fin de eliminar los restos de recubrimientos, teniendo el cuidado de no romperlos. No habrá que enjuagarlos más de dos o tres veces.

4.4 Corte de las fibras

Los extremos desnudos de las fibras deberán cortarse perpendicularmente al eje de la fibra; la superficie de los extremos debe quedar como un espejo sin astillas ni rebabas.

En el caso de empalmes por fusión, los ángulos en el extremo deberán ser normalmente de menos de 1° con respecto a la perpendicular al eje para monofibras y de menos de 3° a 4° para cintas de fibras

(dependiendo del tipo de fibra) para que los empalmes sean satisfactorios. La herramienta de corte habrá de conseguir esos valores con una longitud controlada de fibra desnuda, compatible con el sistema de empalme y el dispositivo de protección.

En el caso de empalmes mecánicos, existen dispositivos específicos que modifican la herramienta de corte para conseguir unas superficies de extremo de fibra oblicuas con un ángulo constante de al menos 4°. Esto se hace para eliminar la luz reflejada debida a la no concordancia entre el cristal de la fibra y el material de adaptación de índices a temperaturas extremas cuando los empalmes se ensamblan con cortes en ángulo en vez de cortes perpendiculares, la luz reflejada ya no es captada y guiada totalmente por el núcleo de la fibra, sino que más bien es dirigida hacia el revestimiento de la fibra en donde se atenúa.

La herramienta de corte deberá estar limpia y bien ajustada para producir extremos de fibra continuos y de pequeño ángulo. Si las abrazaderas de la mordaza de la herramienta de corte están sucias, pueden causar grietas que hagan que la fibra se rompa en un lugar inconveniente o que reduzcan la resistencia del empalme una vez completado. La cuchilla deberá rayar la fibra lo suficiente como para producir un corte limpio, pero sin percutirla hasta el punto de producir astillas. Las herramientas de corte que curvan las fibras deberán tener un recorrido limitado para no producir una flexión excesiva de las mismas. En el caso de fusión en masa, las longitudes de fibra desnuda cortada deberán ser aproximadamente iguales en toda la cinta para conseguir así una superposición uniforme en todas las fibras durante la fusión. Los recortes de la fibra extraídos deberán eliminarse con cuidado para evitar daños.

4.5 Empalmes

4.5.1 Empalmes por fusión mediante arco eléctrico

4.5.1.1 Control de los parámetros y condiciones del empalme

Antes de utilizar la máquina empalmadora es fundamental verificar su funcionamiento. La condición en que se encuentran los electrodos es un factor fundamental para determinar si el empalme por fusión se desarrollará de manera normal, sobre todo cuando se trabaja en condiciones ambientales extremas.

Un buen indicador de la condición de los electrodos y de si se han fijado correctamente o no los parámetros de la máquina para el tipo de fibra y las condiciones ambientales es el grado en que las fibras "se retraen al fundirse" cuando se someten al arco eléctrico de fusión sin hacer que se aproximen sus extremos. Para comprobar el equipo cabe realizar, de manera alternativa, algunas otras pruebas. Hay máquinas que pueden fijar automáticamente los parámetros del arco en sus valores óptimos; de otro modo, cuando no sea ese el caso, será necesario efectuar ajustes manuales.

La calidad de funcionamiento de la máquina es sensible a las variaciones atmosféricas. Habrán de hacerse ajustes automáticos o manuales de los parámetros del arco para que el resultado sea el mejor posible en las condiciones existentes.

La máquina empalmadora deberá tener la capacidad de contar e indicar, de alguna manera, el número de arcos eléctricos, y el fabricante ha de indicar el número de arcos tras el cual es preciso sustituir los electrodos. La sustitución se llevará a cabo siguiendo sus instrucciones.

4.5.1.2 Empalme por fusión

Una vez completada la prueba de las condiciones del arco, puede empezar el empalme. La fibra se colocará en las ranuras en V de la máquina empalmadora.

Las máquinas empalmadoras por fusión se pueden clasificar, a grandes rasgos, en dos tipos: de alineación activa o de alineación pasiva. La utilización de cada uno de esos tipos depende de cómo se alinean las fibras. Las máquinas de alineación activa utilizan un sistema de visión o un sistema de inyección/detección local y movimiento tridimensional de las fibras para alinear activamente los

núcleos o los diámetros externos de las fibras que se empalman. La máquina empalmadora reduce al mínimo la atenuación debida al empalme apuntando hacia el núcleo o hacia el revestimiento de las fibras con su sistema de visión para alinearlas directamente u optimizando la luz transmitida a través de las fibras y da una estimación de la atenuación debida al empalme una vez que éste haya sido completado.

Con los sistemas que compensan los errores de concentricidad del núcleo se obtienen mejores resultados en términos de atenuación debida al empalme. Las máquinas empalmadoras que utilizan sistemas de alineación activa sólo sirven en la actualidad para empalmes monofibras.

Las máquinas de alineación pasiva utilizan únicamente movimientos longitudinales de las fibras con lo que la alineación precisa de los núcleos depende de una buena geometría de la fibra. El sistema de alineación pasiva se utiliza actualmente para empalmar cintas de fibras y también en máquinas empalmadoras de monofibras con las que se puede efectuar además una estimación de la atenuación debida al empalme. Sin embargo, en el caso de cables de cintas, todas las máquinas de fusión en masa actuales estiman la atenuación debida al empalme observando la alineación de las fibras antes y/o después de efectuar el empalme.

Los fabricantes deberán indicar los valores por defecto de los parámetros de la máquina empalmadora (corriente del arco, duración del arco, etc.) que dependen del tipo de fibra que se empalma.

4.5.1.3 Prueba

Una vez completado el empalme, deberá comprobarse cuál es su resistencia mínima. Es muy importante establecer un valor definido de la resistencia mecánica del empalme que esté relacionado con la vida útil del mismo. Al igual que se hace con las fibras ópticas inmediatamente después de fabricarlas, se somete el empalme a una prueba de resistencia a la tracción durante un breve periodo de tiempo. Algunas máquinas empalmadoras efectúan esta prueba sujetando las fibras empalmadas con unas mordazas de empalme y otras la llevan a cabo tras colocar las fibras empalmadas en los soportes para la aplicación de un protector termorretractable. Los empalmes cuya resistencia a la tracción esté por debajo del nivel de tensión de la prueba serán eliminados.

La máquina empalmadora deberá poder efectuar la prueba de manera automática o manual. El tiempo de descarga deberá ser breve para minimizar la reducción de la resistencia a la tracción durante la misma.

Normalmente no se efectúan pruebas en empalmes mecánicos.

4.5.1.4 Protección de los empalmes

Tras realizar la prueba, se colocará el protector en el punto empalmado. El "protector" es un dispositivo mecánico o un recubrimiento restablecido que proporciona protección mecánica y medioambiental a un empalme simple o bien a empalmes múltiples. En cualquier caso, el dispositivo de protección no deberá influir en la atenuación del empalme ni en sus propiedades funcionales.

Las características del empalme por fusión una vez completado se pueden verificar utilizando los métodos de prueba a los que se refiere la cláusula 5.

Los protectores pueden ser, por ejemplo, manguitos termorretractables, mordaza bivalva protectores o encapsuladores recubridores de fibras. Los protectores de empalmes por fusión monofibras deberán poder aceptar fibras recubiertas con un diámetro de 250 μm (nominal), fibras con tubos protectores apretados de 900 μm de diámetro (nominal) o combinaciones de 250 μm /900 μm . Normalmente se necesitan herramientas o equipos para instalar o fabricar estos protectores.

Los protectores se diseñarán de manera que sirvan para aplicaciones aéreas, subterráneas o enterradas y el fabricante deberá dar información sobre la compatibilidad con las bandejas organizadoras de empalmes y sobre las herramientas o equipos necesarios para su aplicación. En particular, deberá dar información sobre las longitudes mínimas/máximas de fibra desnuda que

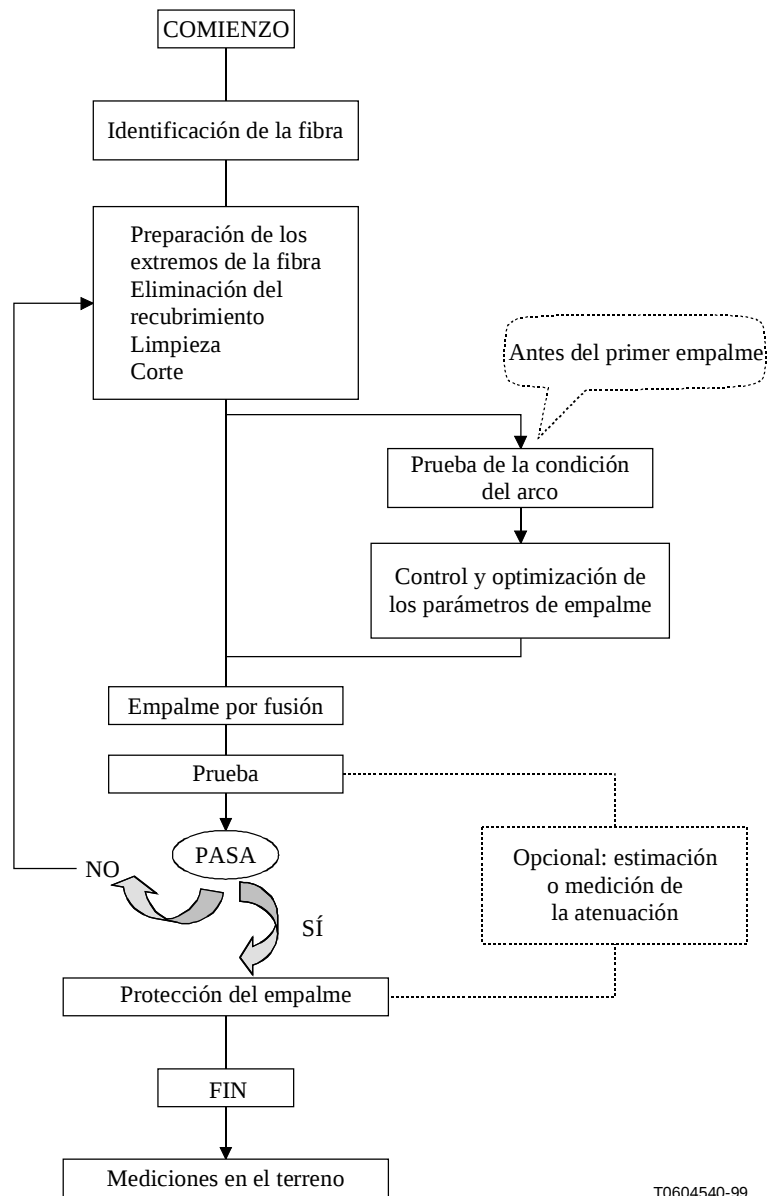
acogerá el protector y sobre las dimensiones de almacenamiento del protector completo (longitud, anchura y altura), así como detalles relativos a su aplicación.

En el caso de protectores del tipo manguito termorretractable, el fabricante habrá de especificar el tiempo y la temperatura necesarios para completar la termorretracción, lo que se tendrá en cuenta al ajustar los valores de funcionamiento del horno. La función del elemento de tracción, si está presente, consiste en mejorar la resistencia mecánica del empalme sin afectarle, tanto desde el punto de vista óptico como mecánico. Deberá ser recto y carecer de rebabas y bordes agudos. Durante el enfriamiento, habrá que tratar de evitar las deformaciones que provocan atenuación debida a la curvatura.

En el caso de los protectores llenos de resina curable por rayos ultravioletas, el fabricante habrá de especificar la energía total (tiempo de exposición y potencia) aplicada por la lámpara de rayos ultravioleta.

Con el producto deberá aportarse la documentación completa con todos los detalles, tales como las referencias del fabricante, el código del producto y la manera de pasar pedido del mismo, su utilización y aplicación, y los procedimientos de reparación y mantenimiento. Los materiales constituyentes deberán ser compatibles con el fluido gelatinoso del interior de los cables y los protectores deberán entregarse con las instrucciones de seguridad y operativas.

La figura 1 muestra una representación esquemática del procedimiento de empalme por fusión.



T0604540-99

Figura 1/L.12 – Representación esquemática del procedimiento de empalme por fusión

4.5.2 Empalme mecánico

En el procedimiento mecánico no se necesita la utilización de una máquina empalmadora especial. Las herramientas de instalación son muy sencillas y permiten fijar las fibras en un alojamiento protector del empalme, sin que haga falta por lo general la energía eléctrica. Algunos empalmes mecánicos se pueden ajustar a mano para que la pérdida por empalme sea mínima.

Tras las operaciones de eliminación del recubrimiento y corte, descritas en 4.1 a 4.4, los extremos desnudos de la fibra se insertan en el alojamiento mecánico (en una estructura de guía, por ejemplo una ranura en V) y se comprueba su contacto físico.

Algunas veces, los extremos de la fibra se preparan para el empalme mediante rectificación y pulimentado, sobre todo en empalmes en masa preterminados en fábrica.

Los empalmes mecánicos deberán ser versátiles, permitiendo empalmar fibras de tipos diferentes, por ejemplo, fibras de 250 μm de diámetro con fibras con tubos protectores apretados de 900 μm de diámetro.

El alojamiento integral del empalme (diferente según se trate de un empalme simple o de empalmes múltiples) proporciona protección mecánica y medioambiental. Deberá servir tanto para aplicaciones aéreas como subterráneas o enterradas. El fabricante habrá de dar la información relativa a la compatibilidad con las bandejas organizadoras de empalmes y las herramientas o equipos para su aplicación.

El material de adaptación de índices utilizado entre los extremos de fibras correspondientes deberá elegirse de conformidad con las propiedades ópticas del cristal. El suministrador del material de adaptación de índices deberá proporcionar información completa sobre su comportamiento a diferentes temperaturas (sobre todo las extremas) y la estimación de su vida útil, manteniendo las cualidades ópticas iniciales.

Las características del empalme mecánico una vez completado se pueden verificar utilizando los métodos de prueba a los que se refiere la cláusula 5.

En el empalme mecánico, la protección del empalme va incorporada en el diseño del mismo y no es preciso añadir protectores.

La figura 2 muestra una representación esquemática del procedimiento de empalme mecánico.

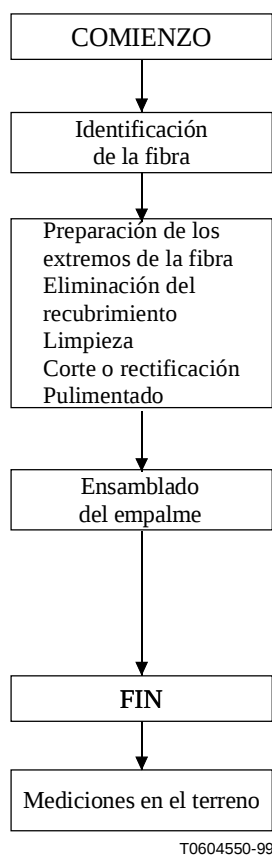


Figura 2/L.12 – Representación esquemática del procedimiento de empalme mecánico

4.6 Mediciones de la pérdida de empalmes en el terreno

Un requisito estratégico de los sistemas de comunicación por fibra óptica es la pérdida total de extremo a extremo de cada uno de los enlaces. Si tenemos en cuenta el número de empalmes de un enlace, debería fijarse un máximo de pérdidas de empalmes que fuera realista.

En la práctica con la máquina empalmadora por fusión puede medirse en el terreno la pérdida de cada empalme durante la construcción de una ruta de fibras si se dispone de la facilidad de cálculo

de las pérdidas y/o para ello puede recurrirse a la medición unidireccional del OTDR. Cada una de estas técnicas puede emplearse para evaluar pérdidas elevadas en empalmes, de modo que, el empalme pueda rehacerse, de ser necesario. Una vez que la construcción está terminada, un OTDR bidireccional puede determinar la correspondiente pérdida del empalme en el terreno, si así se estima necesario.

La verdadera pérdida del empalme está determinada por el promedio bidireccional de las lecturas del OTDR en un empalme. La medición del OTDR en un único sentido no debería emplearse como pérdida del empalme en cuestión ya que las tolerancias del MFD y otras diferencias de parámetro intrínsecas en las fibras pueden producir errores. Las lecturas unidireccionales del OTDR pueden ser altas, y a su vez, positivas o negativas. Además, todo pico de resonancia medible, procedente de un empalme por fusión, exige que se rehaga el empalme. Los niveles de aceptación de la pérdida de empalme antes de rehacerlos dependen del presupuesto de pérdidas del enlace.

5 Propiedades funcionales de los empalmes

Los cuadros 1 a 4 tienen por objetivo especificar un cierto número de pruebas con las que se verifican las propiedades del empalme completo y se estima su fiabilidad a largo plazo. Las pruebas se llevan a cabo normalmente en laboratorios a efectos de validación y deberán realizarse en condiciones normalizadas de conformidad con lo establecido por la CEI [6]:

Temperatura (°C)	18-28
Humedad relativa (%)	25-75
Presión del aire (KPa)	86-106

Todas las pruebas a las que se refieren las cláusulas siguientes se han de efectuar de acuerdo con los métodos de prueba de la CEI [6], [7].

5.1 Comportamiento óptico

Cuadro 1/L.12 – Comportamiento óptico de empalmes de fibras monomodo

Prueba	Tipo de empalme	Método de prueba
Pérdida de inserción	Empalme por fusión monofibra	CEI 61300-3-4 CEI 61073-1, cláusula 4.4.4, Método 1 ó 2.2
	Empalme por fusión multifibra	
	Empalme mecánico monofibra	
	Empalme mecánico multifibra	
Pérdida de retorno	Empalme mecánico monofibra o multifibra	CEI 61300-3-6 CEI 61073-1, cláusula 4.4.5, Método 1

Cuadro 2/L.12 – Comportamiento óptico de empalmes de fibras multimodo

Prueba	Tipo de empalme	Método de prueba
En estudio.		

5.2 Comportamiento mecánico

Cuadro 3/L.12 – Comportamiento mecánico de empalmes de fibras monomodo y multimodo

Prueba	Tipo de empalme	Método de prueba
Retención de fibra	Empalme por fusión o mecánico monofibra o multifibra	CEI 61300-2-4 CEI 61073-1, cláusula 4.5.2
Vibración (sinusoidal)	Empalme mecánico monofibra o multifibra	CEI 61300-2-1; CEI 61073-1, cláusula 4.5.1

5.3 Comportamiento medioambiental

Cuadro 4/L.12 – Comportamiento medioambiental de empalmes de fibras monomodo y multimodo

Prueba	Tipo de empalme	Método de prueba
Cambio de temperatura	Empalme por fusión o mecánico monofibra o multifibra	CEI 61300-2-22
Inmersión en agua	Empalme por fusión o mecánico monofibra o multifibra	CEI 61300-2-45
Frío	Empalme por fusión o mecánico monofibra o multifibra	CEI 61300-2-17
Condensación	Empalme por fusión o mecánico monofibra o multifibra	CEI 61300-2-21
Calor húmedo	Empalme por fusión o mecánico monofibra o multifibra	CEI 61300-2-19
Atmósfera corrosiva (bruma salina)	Empalmes mecánicos (monofibra y multifibra) solamente	CEI 61300-2-26

APÉNDICE I

Materiales de adaptación de índices de refracción para empalmes de fibra óptica mecánicos

Los materiales de adaptación de índices más comunes son los geles de silicona y las grasas de silicona. Los adhesivos curables por rayos ultravioleta y las resinas epóxicas también se utilizan a veces como materiales adaptadores.

Los geles y las grasas se utilizan más a menudo porque disminuyen la tensión superior y proporcionan viscoelasticidad al espacio entre fibra y fibra, lo que les permite asentar una expansión térmica diferencial y una serie de tensiones mecánicas, sin producir la deslaminación del espacio o inducir una tensión excesiva en la fibra.

Los geles de silicona que se pueden curar, los adhesivos curables por rayos ultravioleta y las resinas epóxicas son polímeros degradados o materiales curados, como tales, son químicamente activos hasta que están curados y han limitado su vida en almacén en su estado no curado (suele ser de 6 meses). Los geles que se pueden curar deben ser curados en el momento en que se realizan los empalmes mediante la combinación de dos componentes fluidos o mediante la exposición de un fluido no curado a una temperatura elevada. Una vez curados, deberían ser estables tanto química como físicamente.

La silicona y otras grasas no curadas son suspensiones de un polvo microscópico más grueso en un fluido óptico y a veces también se les llama geles, componentes acoplados ópticos o acoplamientos ópticos. Se trata de materiales únicos no curados y listos para utilizar, sin límite de vida intrínseca en almacén debido a los componentes de reacción curados. Su consistencia física es la de las grasas, a saber mientras éstas fluyen de una jeringa desechable a presión, no se desplazan cuando están en reposo en la junta del empalme de la fibra.

La mayoría de los empalmes mecánicos con adaptación previa de índices utilizan una grasa adaptadora de índices no curada. Se ha mostrado una serie de grasas ópticas para separar los constituyentes fluidos y más espesos después de largos periodos a temperaturas elevadas ("separación en aceite"). Se ha visto que algunos materiales suelen secarse pasados muchos meses o a transformarse en microburbujas de gas que presentan un aspecto espeso ("evaporación", "aspecto"). Si los materiales no están bien filtrados, desaireados y empaquetados contendrán burbujas de aire microscópicas, polvo, fibras y otras partículas que pueden degradar la pérdida de retorno o la pérdida de inserción del empalme ("color", "aspecto", "contaminación de partículas"). La estabilidad medioambiental a largo plazo de las grasas adaptadoras de índices deberá ser confirmada antes de utilizarlas en aplicaciones con una amplia gama de temperaturas o en condiciones medioambientales severas o poco frecuentes. Como se muestra en el cuadro I.1 se recomienda que en el caso de estos materiales se hagan muchas pruebas. Asimismo deberían añadirse otros requisitos que convinieran al diseño y a las condiciones medioambientales del empalme en cuestión.

Cuadro I.1/L.12 – Especificaciones recomendadas para las grasas adaptadoras de índices en los empalmes de fibra

Propiedad	Método	Requisitos
Color	Visual	Agua blanca, sin amarillear
Aspecto	Visual	Ni burbujas ni vacíos ni partículas visibles
Índice de refracción @ 25 °C, 589 nm	Véase el apéndice IV [B1]	$1,463 \pm 0,003$ (para fibras de siliconas)
Evaporación, 24 h @ 100 °C	Véase el apéndice IV [B2]	0,2%, máx
Separación en aceite, 24 h @ 100 °C	Véase el apéndice IV [B3]	0,2%, máx
Contaminación de las partículas	Véase el péndice IV [B4]	<300 partículas/cc, 10 a 34 μm Ninguna partícula por encima de los 35 μm

APÉNDICE II

Experiencia italiana con empalmes de fibras ópticas

La red óptica de Telecom Italia tiene varios kilómetros de cables ópticos (más de 60 000 km) formados por diferentes tipos de fibras (UIT-T G.651 [1] y G.653 [3]) y organizaciones de fibras (monofibras y cintas de fibras). Esto significa que la experiencia que se tiene en Italia sobre técnicas de empalme de fibras ópticas (principalmente la de fusión) es muy profunda.

El objetivo de este apéndice es mostrar los resultados obtenidos durante la instalación en el terreno de empalmes de fibras y cintas de fibras monomodo de dispersión desplazada y reducida e indicar una serie de pruebas con las que verificar el comportamiento de los empalmes mecánicos y por fusión.

El cuadro II.1 informa sobre el comportamiento estadístico de empalmes de tres tipos diferentes de fibra, mientras que las figuras II.1 a II.3 muestran los valores medidos en forma de gráfico de barras. El número de empalmes medidos no es representativo del número de empalmes instalados en Italia.

Cuadro II.1/L.12 – Valores medios de la atenuación calculados en empalmes instalados

Parámetro	SM	SM-DS	Cintas SM
Número de empalmes	1374	12 490	1680
Atenuación máxima (dB)	0,30	0,30	0,30
Atenuación media (dB)	0,07	0,07	0,09
Desviación típica (dB)	0,11	0,04	0,08

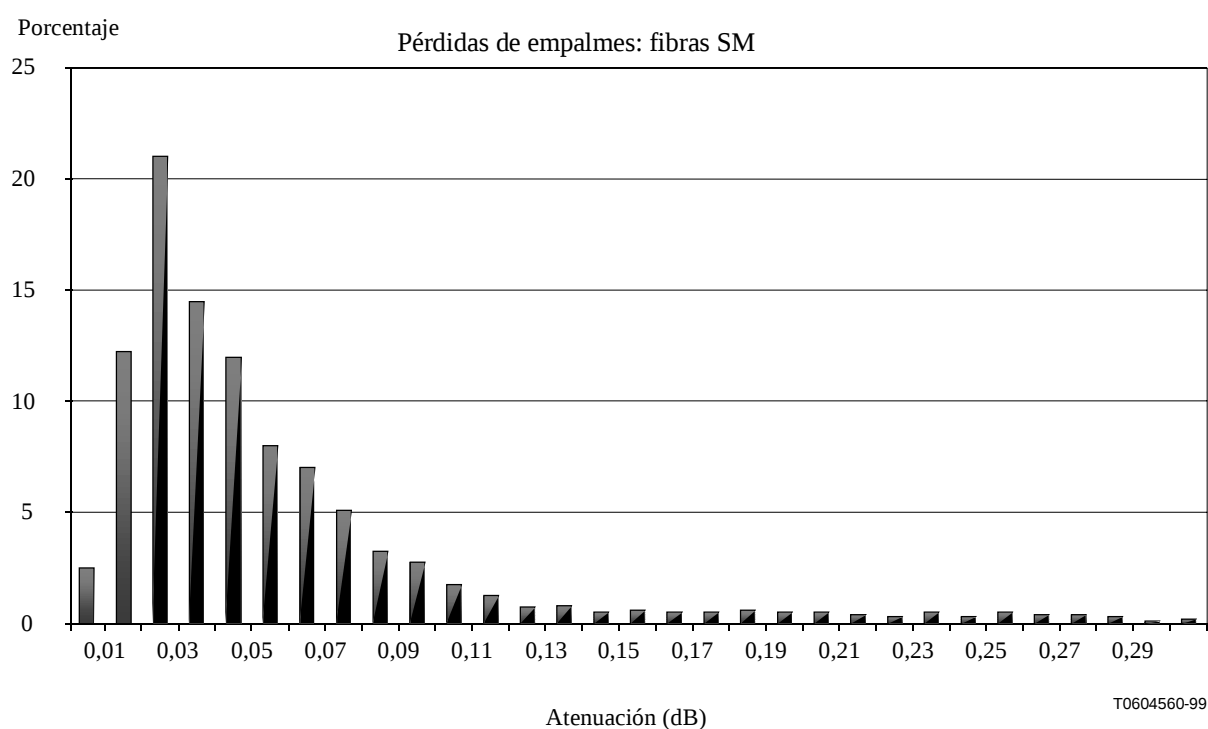


Figura II.1/L.12 – Gráfico de barras de la distribución de la atenuación de empalmes monofibra SM

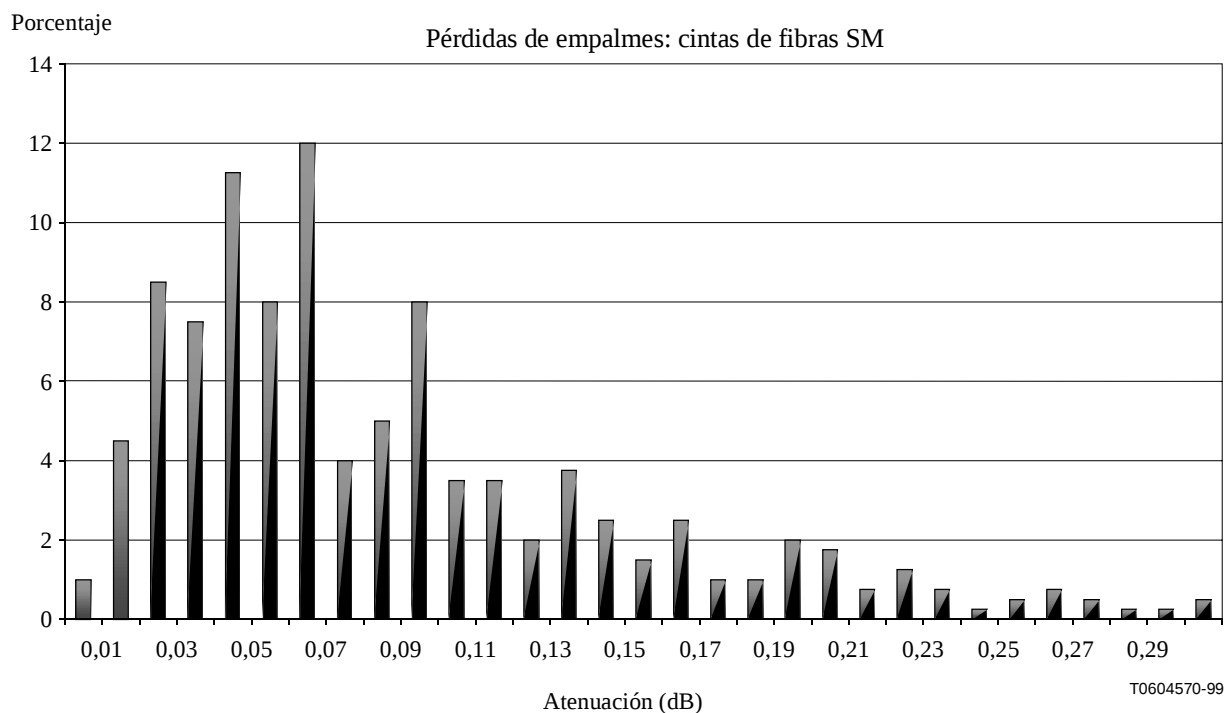


Figura II.2/L.12 – Gráfico de barras de la distribución de la atenuación de empalmes de 4 fibras SM

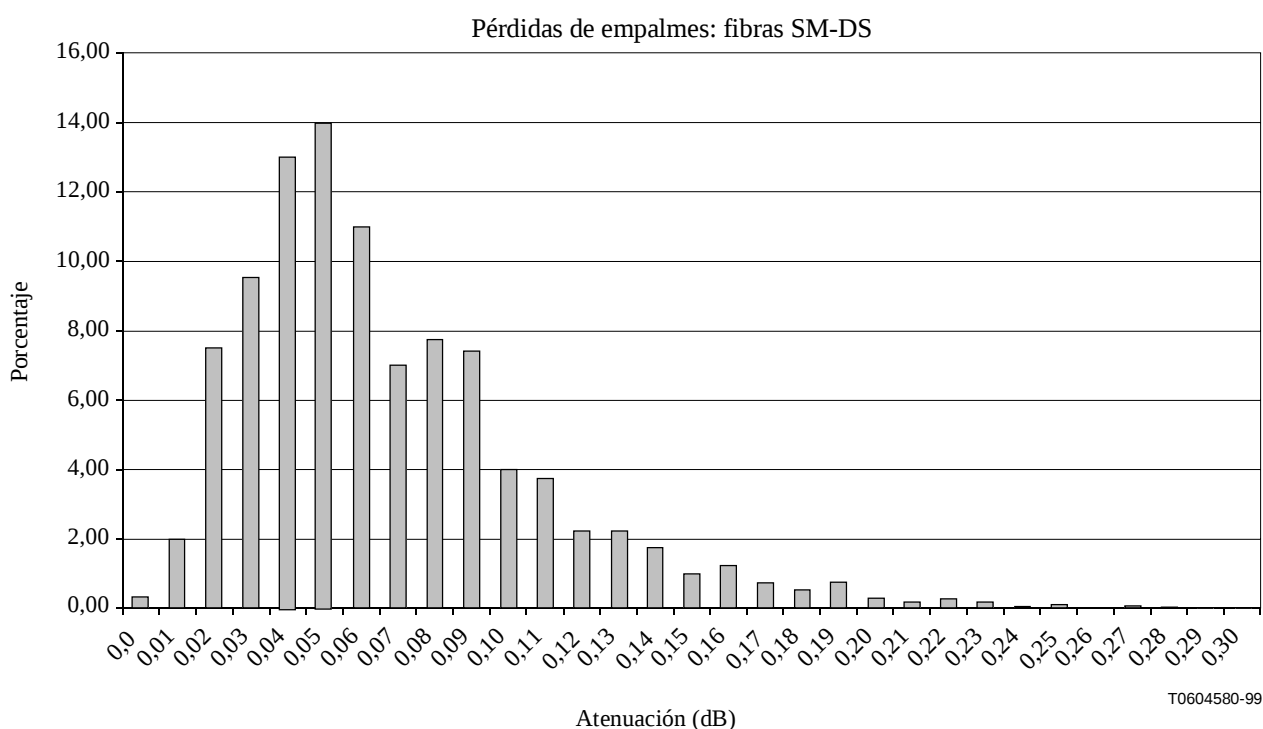


Figura II.3/L.12 – Gráfico de barras de la distribución de la atenuación de empalmes monofibra SM-DS

Tipo de prueba adecuado para verificar la fiabilidad de los empalmes

El objetivo de las pruebas que siguen es permitir la verificación de las propiedades funcionales de un empalme completo. Las fibras ópticas, y todos los instrumentos utilizados, deberán cumplir las normas internacionales, y los empalmes se harán siguiendo el procedimiento previo en las condiciones típicas de acuerdo con CEI 61300-1 [6]. Algunas de las pruebas ya se han reseñado en la parte principal de la Recomendación; lo que aquí se hace es una descripción de la prueba y de otras posibles pruebas que se pueden efectuar tanto en empalmes mecánicos como por fusión, de acuerdo con la experiencia habida al respecto en Italia.

Comportamiento óptico

Pérdida de empalme

La medición de la pérdida de empalme deberá efectuarse de acuerdo con CEI 61073-1 [7], cláusula 4.4.4, método 1 o método 2.2 (dependiendo de las longitudes probadas), al menos en 30 muestras, con independencia de la pérdida de empalme estimada que indique el equipo empalmador.

El requisito de pérdida de empalme dependerá de la aplicación. La contribución de los empalmes a la pérdida global del enlace deberá ser considerada en los presupuestos globales de pérdida y en la planta de cables, que varía, por ejemplo, de rutas de concentración de enlaces a redes de acceso.

Cada operador puede especificar pérdidas de empalme de acuerdo con sus necesidades específicas, pero se recomiendan los valores siguientes para fibras monomodo (véase el cuadro II.2):

Cuadro II.2/L.12 – Pérdidas de empalme medias recomendadas para diferentes aplicaciones

	Pérdida media	Valor máximo para 95%	Aplicación típica
Empalmes por fusión simples	$\leq 0,1$ dB	$\leq 0,5$ dB	Ruta de concentración de enlaces
	$\leq 0,2$ dB		Red de acceso
Empalmes por fusión múltiples	$\leq 0,2$ dB	$\leq 0,8$ dB	—
Empalmes mecánicos simples	$\leq 0,2$ dB	$\leq 0,5$ dB	Red de acceso
Empalmes mecánicos múltiples	$\leq 0,2$ dB	$\leq 0,8$ dB	Red de acceso

Pérdida de retorno

Esta medición se llevará a cabo solamente en los empalmes mecánicos, de acuerdo con CEI 61073-1, cláusula 4.5.5, método 1 (longitud de fibra expuesta entre 2 y 3 metros) o, de manera alternativa, utilizando un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) de acuerdo con CEI 61300-3-6, método 2, al menos en 30 muestras.

La pérdida de retorno admisible será ≥ 55 dB (grado V) y ≥ 35 dB (grado T).

Comportamiento mecánico

Para evaluar el comportamiento mecánico de los empalmes, se recomienda el siguiente conjunto de pruebas: inspección visual, resistencia a la tracción, flexión, torsión y vibración.

Inspección visual

La inspección visual se llevará a cabo de acuerdo con CEI 61073-1, cláusula 4.4.1, en empalmes por fusión solamente y antes de la aplicación del dispositivo de protección, al menos en 10 muestras.

Los empalmes serán examinados para detectar defectos utilizando lupas de aumento con una ampliación de entre 3 y 8 veces. La región fundida y la porción de fibra desnuda a cada lado de la región fundida deberán quedar encerradas por completo dentro del protector del empalme. El protector deberá aprisionar el recubrimiento de la fibra en cada extremo del empalme. La fibra deberá emerger del protector sin ningún signo visible de flexión o torcedura.

El protector deberá estar libre por completo de residuos de cualquier tipo y cámaras de aire.

Los empalmes mecánicos deberán ser empaquetados convenientemente: el paquete se marcará con el nombre del fabricante y la fecha de fabricación.

Pruebas de resistencia a la tracción

Las muestras, por ejemplo, el empalme con rabillos de fibras, se aprisionarán con cabezales de acero de 6 cm de diámetro y a continuación se asegurarán con una pequeña mordaza. La longitud del tramo comprendido entre los cabezales deberá ser de 60 cm, como se muestra en la figura II.4 (normalmente, la longitud de fibra disponible desde cada lado de un empalme es de 1 m).

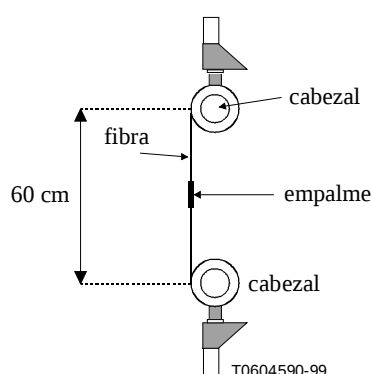


Figura II.4/L.12 – Configuración esquemática para pruebas de resistencia a la tracción

Carga de rotura

Al menos 30 muestras deberán soportar la prueba de resistencia a la tracción hasta la rotura. La carga de tracción deberá aplicarse con una máquina universal de prueba de resistencia a la tracción de tornillo sin fin a razón de 0,5 N/s en unas condiciones ambientales de $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa (R.H., *relative humidity*).

La carga de rotura media deberá ser ≥ 10 N y la mínima ≥ 5 N para empalmes por fusión protegidos (simples o múltiples). Y deberá ser ≥ 6 N (valor medio) y ≥ 3 N (valor mínimo) para empalmes mecánicos (simples o múltiples).

Retención de fibra

Otro conjunto de al menos 30 muestra deberá cargarse hasta $5,0 \pm 0,5$ N a razón de 0,5 N/s y la carga deberá mantenerse 60 segundos, de acuerdo con CEI 61073-1, cláusula 4.5.2.

Durante la prueba (al menos una vez mientras la carga está en su nivel máximo), se supervisarán las muestras de manera activa a 1550 ± 30 nm (utilizando una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos). La atenuación medida deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y $\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia (se entiende por diferencia un cambio de atenuación $\geq 0,05$ dB) entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición adicional de la pérdida de retorno, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula anterior ("Pérdida de retorno").

Prueba de flexión

Esta prueba sólo se llevará a cabo en empalmes por fusión (múltiples o simples).

Se efectuará una prueba de flexión de dos puntos en 10 muestras, con una carga de al menos 5 N y una tasa de deformación del 5%, como se muestra en la figura II.5. Los empalmes no deberán romperse ni deformarse de manera permanente.

Durante la prueba, se supervisarán las muestras de manera activa a 1550 ± 30 nm (utilizando una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos) y la atenuación deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

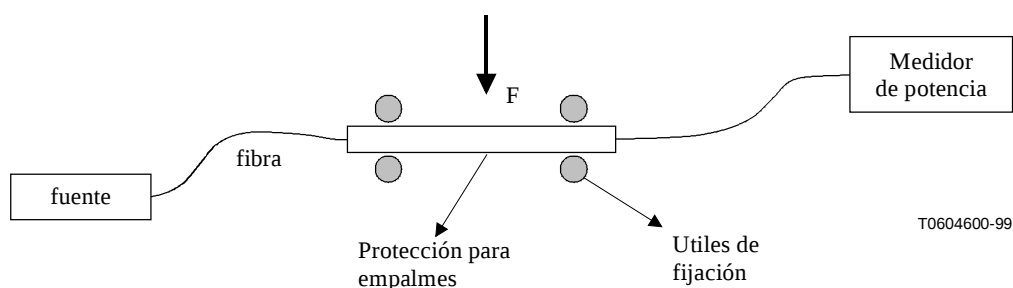


Figura II.5/L.12 – Configuración esquemática para la prueba de flexión

Prueba de torsión

Esta prueba sólo se llevará a cabo en empalmes simples por fusión y mecánicos.

Al menos 10 muestras serán sometidas a un esfuerzo de torsión, de acuerdo con CEI 61073-1, cláusula 4.5.31, aplicado a una distancia de 30 cm con respecto al empalme. Mientras tanto se aplicará una carga de tracción de 2 N.

El número completo de ciclos ($\pm 180^\circ$) será de 50, con un intervalo de 5 segundos entre cada dos ciclos.

Durante la prueba (al menos una vez cuando el ángulo de torsión esté en su valor máximo), se supervisarán las muestras de manera activa a 1550 ± 30 nm (utilizando una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos). La atenuación medida deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y $\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición adicional de la pérdida de retorno, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula precedente ("Pérdida de retorno").

Vibraciones

Al menos cinco empalmes completos deberán situarse en un organizador y deberán ser sometidos a vibraciones, de acuerdo con CEI 61073-1, cláusula 4.5.1.

Tras una medición inicial de la pérdida, las muestras serán sometidas a una vibración sinusoidal con una amplitud de 0,75 mm. La frecuencia se variará de manera uniforme en la gama de 10-55-10 Hz. Las muestras se probarán en cada uno de los tres planos perpendiculares durante 15 ciclos con una duración del esfuerzo de 0,5 horas por eje.

Durante la prueba (el intervalo de muestreo máximo será de 2 s), se supervisarán las muestras de manera activa a 1550 ± 30 nm (utilizando una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos). La atenuación medida deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y $\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición adicional de la pérdida de retorno, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula precedente ("Pérdida de retorno").

Comportamientos medioambientales

Para evaluar el comportamiento medioambiental de los protectores, los empalmes por fusión y los empalmes mecánicos, se recomienda el conjunto de pruebas que se indican más adelante.

Condiciones de la instalación

Los protectores deberán poder aplicarse a los diversos niveles de temperatura y humedad que se especifican más abajo. Las pruebas se efectuarán al menos en 5 muestras.

Se aplicarán cinco protectores a los empalmes a los niveles de temperatura/humedad especificados. Antes de la aplicación de los protectores, éstos deberán haber sido acondicionados durante dos horas a los mismos niveles de temperatura y humedad. Los empalmes protegidos deberán cumplir los requisitos de atenuación y resistencia mecánica indicados en los párrafos precedentes.

Baja temperatura

Acondicionamiento a $0^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, humedad no controlada.

Alta temperatura, baja humedad

Acondicionamiento a $45^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, $15 \pm 5\%$ de humedad relativa.

Alta temperatura, alta humedad

Acondicionamiento a $45^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, $90 \pm 5\%$ de humedad relativa.

Criterios para la prueba de vida útil en condiciones medioambientales diferentes

Los empalmes protegidos deberán someterse a las pruebas de envejecimiento que se indican más adelante, para comprobar su fiabilidad, y deberán cumplir los requisitos de atenuación y resistencia mecánica indicados en las cláusulas precedentes.

Las pruebas, descritas en las cláusulas que siguen y de conformidad con los métodos pertinentes de la CEI, se llevarán a cabo al menos en 5 muestras.

La CEI ha identificado tres categorías medioambientales de temperaturas de funcionamiento (véase el cuadro II.3), entre las que cada país puede elegir el rigor de las pruebas que se han de efectuar en las muestras de empalmes.

Cuadro II.3/L.12 – Categorías de funcionamiento de la CEI

Categoría	Gama de temperaturas de funcionamiento (°C)	Humedad	Condiciones medioambientales
E	–40/+85	Inmersión en agua opcional	Extremas
U	–25/+70	Sin limitaciones	No controladas
C	–10/+60	Humedad relativa <85%	Controladas

Cambio de temperatura

Las muestras se someterán a 12 ciclos de temperatura a la humedad y temperatura correspondientes a la categoría elegida.

El cambio de temperatura se hará a razón de 1° C/minuto con dos horas como tiempo de estabilización a cada temperatura.

Durante la prueba (al menos una vez cuando la temperatura alcance los valores extremos), se supervisará la atenuación a 1550 nm con una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos. Antes de la prueba y dos horas después del final de la misma, deberá medirse la atenuación a 1550 nm aplicando el método de "corte", de acuerdo con CEI 61300-3-4.

La atenuación deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y $\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición adicional de la pérdida de retorno, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula precedente ("Pérdida de retorno").

Inmersión en agua

Las muestras deberán sumergirse en agua desionizada ($\text{pH} = 5,5 \pm 5$), con una columna de agua de 1,5 metros, durante 30 días y a una temperatura de $43^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Durante la prueba, se supervisará la atenuación a 1550 nm con una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos. Antes de la prueba y dos horas después del final de la misma, deberá medirse la atenuación a 1550 nm aplicando el método de "corte" (CEI 61300-3-4).

La atenuación deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y $\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición adicional de la pérdida de retorno, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula precedente ("Pérdida de retorno").

Calor húmedo

Las muestras se expondrán durante 96 horas a $40 \pm 2^\circ\text{C}$ y $93 \pm 2\%$ de humedad relativa (CEI 61300-2-19).

Durante la prueba, se supervisará la atenuación a 1550 nm con una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos. Antes de la prueba y dos horas después del final de la misma, deberá medirse la atenuación a 1550 nm aplicando el método de "corte" (CEI 61300-3-4). La atenuación deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y

$\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición adicional, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula precedente ("Pérdida de retorno").

Frío

Las muestras se expondrán durante 96 horas a la temperatura correspondiente a la categoría elegida.

Durante la prueba, se supervisará la atenuación a 1550 nm con una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos. Antes de la prueba y dos horas después del final de la misma, deberá medirse la atenuación a 1550 nm aplicando el método de "corte" (CEI 61300-3-4). La atenuación deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y $\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición inicial, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula precedente ("Pérdida de retorno").

Calor húmedo cíclico

Las muestras se someterán a 10 ciclos de temperatura a la gama de temperaturas de la categoría elegida con una humedad relativa de $93 \pm 3\%$. Esta prueba no es aplicable a la categoría medioambiental C.

Durante la prueba, se supervisará la atenuación a 1550 nm con una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos. Antes de la prueba y dos horas después del final de la misma, deberá medirse la atenuación a 1550 nm aplicando el método de "corte" (CEI 61300-3-4). La atenuación deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y $\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición adicional, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula precedente ("Pérdida de retorno").

Atmósfera corrosiva

Esta prueba se refiere solamente a la categoría U.

Las muestras se expondrán a una atmósfera corrosiva de acuerdo con CEI 61300-2-26 (prEN 61300-2-26). Durante la prueba, se supervisará la atenuación a 1550 nm con una fuente óptica y un medidor de potencia conectado a los extremos. Antes de la prueba y dos horas después del final de la misma, deberá medirse la atenuación a 1550 nm aplicando el método de "corte" (CEI 61300-3-4). La atenuación deberá estar dentro de $\pm 0,10$ dB con respecto al valor inicial para empalmes por fusión y $\pm 0,20$ dB para empalmes mecánicos. Al final de la prueba, no deberá haber ninguna diferencia entre la atenuación inicial y la final.

En el caso de empalmes mecánicos, deberá efectuarse una medición adicional, durante la prueba a 1550 ± 30 nm y al completarse la misma, y el valor medido deberá estar por encima del valor especificado en la cláusula precedente ("Pérdida de retorno").

APÉNDICE III

Experiencia japonesa con empalmes de fibras ópticas

Véanse los cuadros III.1 a III.3.

Cuadro III.1/L.12 – Comportamiento óptico de los empalmes de fibras

Prueba	Tipo de empalme	Método de prueba	Condición	Comportamiento
Pérdida de inserción	Empalme por fusión de monofibra o multifibra	CEI 61300-3-4; CEI 61073-1 Cláusula 4.4.4 Método 1 ó 2.2		<u>Atenuación:</u> GI: 90% = 0,1 dB 100% = 0,3 dB SM: 90% = 0,2 dB 100% = 0,3 dB DSM: 90% = 0,2 dB 100% = 0,3 dB
Pérdida de inserción	Empalme mecánico monofibra (acceso)	CEI 61300-3-4; CEI 61073-1 Cláusula 4.4.4 Método 1 ó 2.2 (CEI 874-1 Cláusula 4.4.7)		<u>Atenuación:</u> Empalme mecánico SM: 90% = 0,4 dB 100% = 0,5 dB conector MT SM: 100% = 0,6 dB
Pérdida de inserción	Empalme mecánico multifibra (acceso)	CEI 61300-3-4; CEI 61073-1 Cláusula 4.4.4 Método 1 ó 2.2 (CEI 874-1 Cláusula 4.4.7)		<u>Atenuación:</u> Empalme mecánico SM: 90% = 0,4 dB 100% = 0,5 dB conector MT SM: 100% = 0,7 dB
Pérdida de retorno	Empalmes mecánicos monofibra o multifibra	CEI 61300-3-6; CEI 61073-1 Cláusula 4.4.5 Método 1, 2		<u>Pérdida de retorno:</u> Empalme mecánico SM: > 40 dB conector MT SM: > 40 dB
NOTA 1 – En Japón, el empalme por fusión abarca UIT-T G.651, UIT-T G.652 y UIT-T G.653 y el empalme mecánico abarca solamente la UIT-T G.652.				
NOTA 2 – Los números anteriores de la CEI se dan entre paréntesis.				

Cuadro III.2/L.12 – Comportamiento mecánico de los empalmes de fibras

Prueba	Tipo de empalme	Método de prueba	Condición	Comportamiento
Resistencia a la tracción	Empalmes por fusión de monofibras o multifibras	CEI 61300-2-4; CEI 61073-1 Cláusula 4.5.2	<u>Carga:</u> Monofibra: <8,9 N Multifibra: <21,6 N	Sin rotura

Cuadro III.2/L.12 – Comportamiento mecánico de los empalmes de fibras (fin)

Prueba	Tipo de empalme	Método de prueba	Condición	Comportamiento
Retención de fibra	Empalmes mecánicos monofibra o multifibra	CEI 61300-2-4; CEI 61073-1 Cláusula 4.5.2 (CEI 874-1 Cláusula 4.5.2)	<u>Carga:</u> Empalme mecánico Monofibra: 3 N Multifibra: 8,5 N conector MT 5,9 N	Cambio de atenuación: Empalme mecánico Monofibra: <0,2 dB Multifibra: <0,2 dB conector MT <0,2 dB
Vibración (sinusoidal)	Empalmes mecánicos monofibra o multifibra	CEI 61300-2-1; CEI 61073-1 Cláusula 4.5.1 (CEI 874-1 Cláusula 4.5.1)	Amplitud: 0,75 mm Frecuencia: 10–55 Hz Duración: 24 ciclos (2 horas) Dirección: 3	<u>Cambio de atenuación:</u> Empalme mecánico <0,2 dB conector MT <0,2 dB
NOTA 1 – En Japón, el empalme por fusión abarca UIT-T G.651, UIT-T G.652 y UIT-T G.653 y el empalme mecánico abarca solamente UIT-T G.652.				
NOTA 2 – Los números anteriores de la CEI se dan entre paréntesis.				

Cuadro III.3/L.12 – Comportamiento medioambiental de los empalmes de fibras por fusión o mecánicos

Prueba	Método de prueba	Condición	Comportamiento
Cambio de temperatura	CEI 61300-2-22; (CEI 874-1 Cláusula 4.5.22)	Gama de temperaturas: –40 ~ +70 °C Duración: 10 ciclos (60 horas)	<u>Cambio de atenuación:</u> Empalme mecánico <0,3 dB Empalme por fusión <0,2 dB conector MT <0,3 dB
Calor seco	CEI 61300-2-18; (CEI 874-1 Cláusula 4.5.18)	Temperatura: +70 °C Duración: 240 horas	<u>Cambio de atenuación:</u> Empalme mecánico <0,2 dB Empalme por fusión <0,2 dB conector MT <0,2 dB
Frío	CEI 61300-2-17; (CEI 874-1 Cláusula 4.5.17)	Temperatura: –40 °C Duración: 240 horas	<u>Cambio de atenuación:</u> Empalme mecánico <0,3 dB Empalme por fusión <0,2 dB conector MT <0,3 dB
Calor húmedo cíclico (condensación)	CEI 61300-2-21; (CEI 874-1 Cláusula 4.5.21)	Gama de temperaturas –10 ~ +25 ~ +65 °C Humedad 93% a 60 °C Duración : 10 ciclos (240 horas)	<u>Cambio de atenuación:</u> Empalme mecánico <0,3 dB Empalme por fusión <0,2 dB conector MT <0,3 dB

Cuadro III.3/L.12 – Comportamiento medioambiental de los empalmes de fibras por fusión o mecánicos (fin)

Prueba	Método de prueba	Condición	Comportamiento
Atmósfera corrosiva	CEI 61300-2-26; (CEI 874-1 Cláusula 4.5.26)	Temperatura: +35 °C Contenido salino: 5% Duración: 24 horas	<u>Cambio de atenuación:</u> Empalme mecánico <0,2 dB conector MT <0,2 dB
NOTA 1 – En Japón, el empalme por fusión abarca las UIT-T G.651, UIT-T G.652 y UIT-T G.653 y el empalme mecánico abarca solamente UIT-T G.652. NOTA 2 – Los números anteriores de la CEI se dan entre paréntesis.			

APÉNDICE IV

Bibliografía

- [B1] ASTM D1218-99, *Standard Test Method for Refractive Index and Refractive Dispersion of Hydrocarbon Liquids*.
- [B2] ASTM D972-97, *Standard Test Method for Evaporation Loss of Lubricating Greases and Oils*.
- [B3] *Measurement of industrial fugitive emissions by the FTIR Tracer Method (FTM) – FTM 791, Method 321.2.*
- [B4] *Measurement of industrial fugitive emissions by the FTIR Tracer Method (FTM) – FTM 791B, Method 3005.*

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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