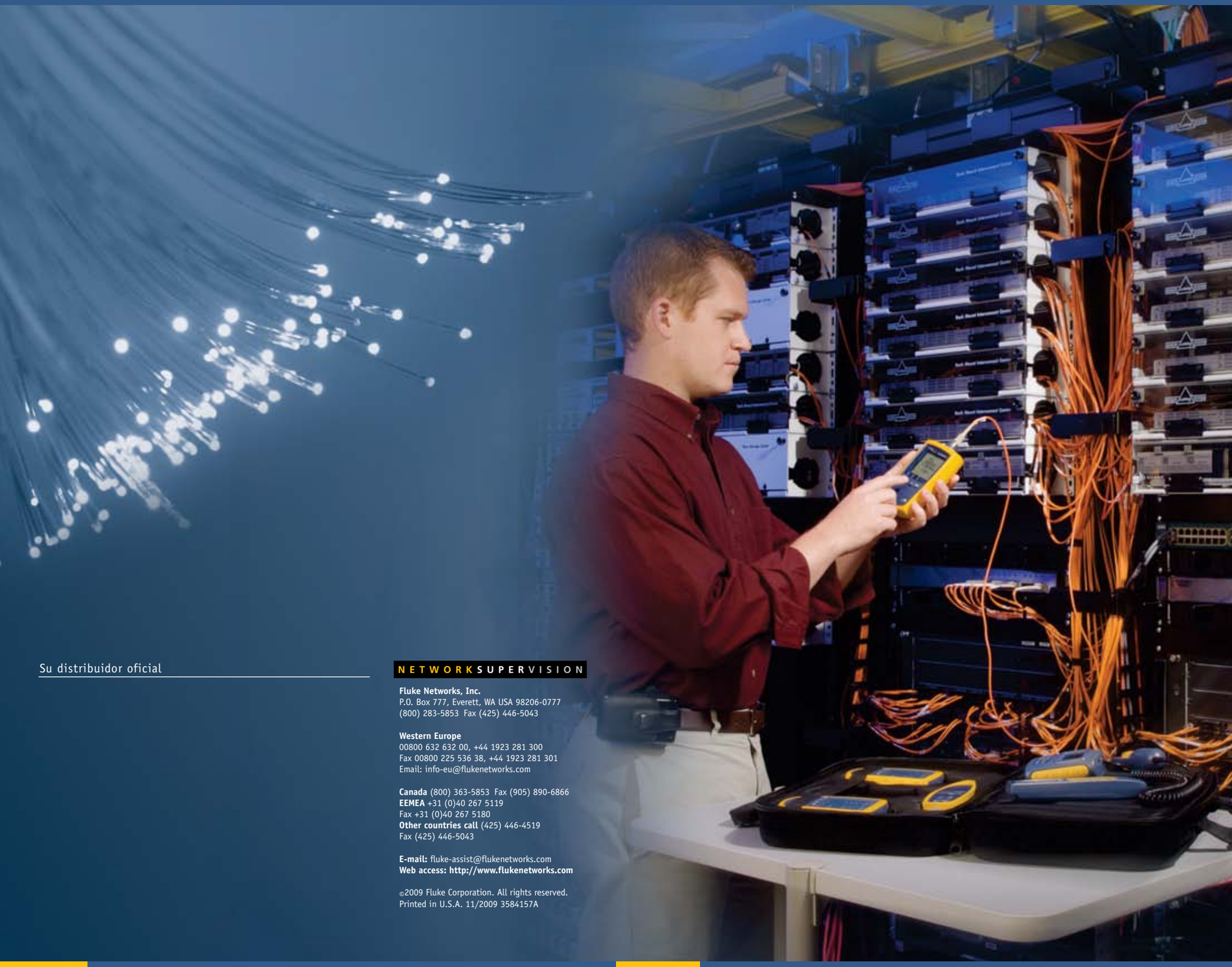
FLUKE networks

FLUKE networks

NETWORKSUPERVISION



Su distribuidor oficial

NETWORKSUPERVISION

Fluke Networks, Inc.
P.O. Box 777, Everett, WA USA 98206-0777
(800) 283-5853 Fax (425) 446-5043

Western Europe
00800 632 632 00, +44 1923 281 300
Fax 00800 225 536 38, +44 1923 281 301
Email: info-eu@flukenetworks.com

Canada (800) 363-5853 Fax (905) 890-6866
EEMEA +31 (0)40 267 5119
Fax +31 (0)40 267 5180
Other countries call (425) 446-4519
Fax (425) 446-5043

E-mail: fluke-assist@flukenetworks.com
Web access: http://www.flukenetworks.com

©2009 Fluke Corporation. All rights reserved.
Printed in U.S.A. 11/2009 3584157A

Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de Datos – Manual de Comprobación y Solución de Problemas

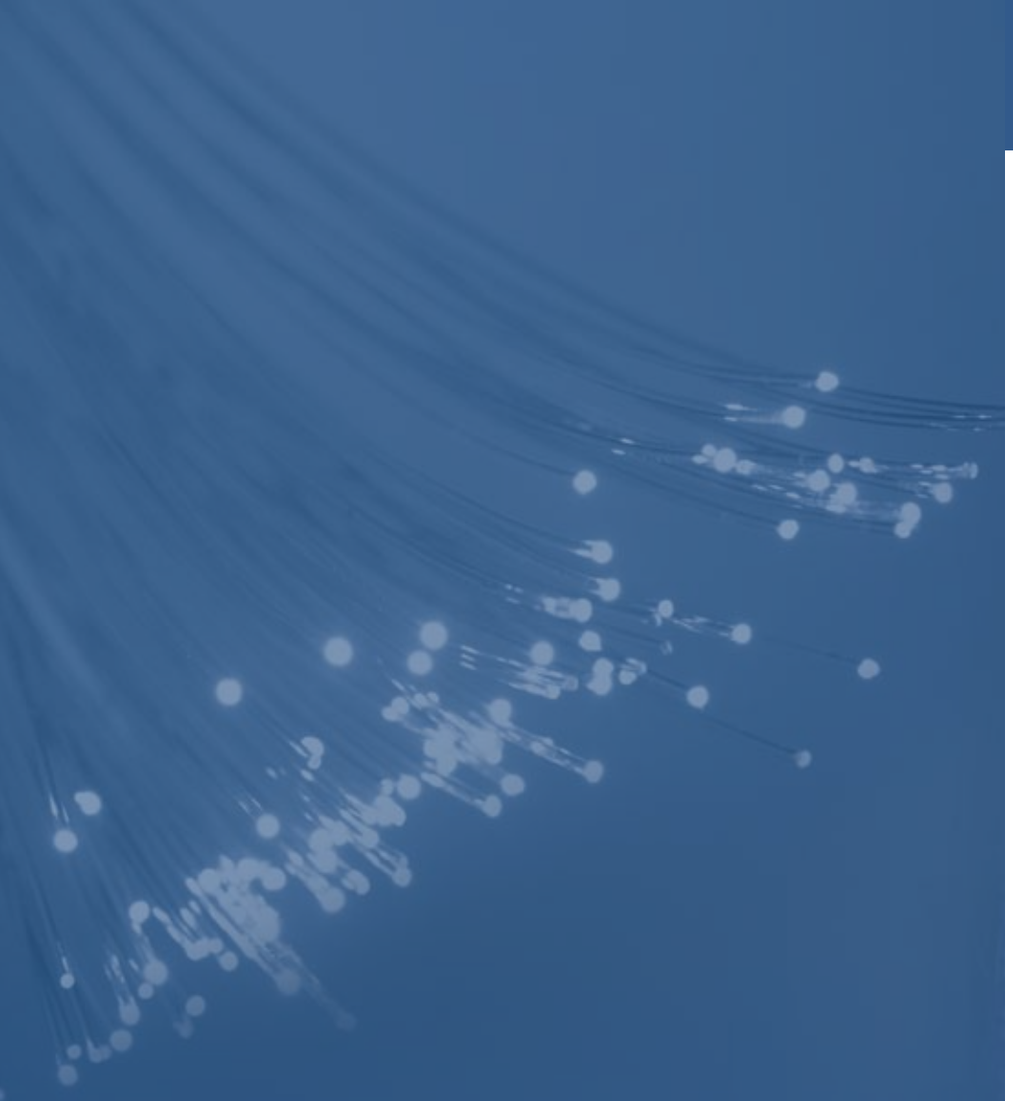


Tabla de Contenidos

1. Introducción 2
2. **Descripción General de los Principios de Transmisión sobre Fibra Óptica** 3
   - Construcción 3
   - Reflexión y refracción 3
   - Señalización 4
   - Requisitos para una transmisión fiable 5

3. **Teoría de Pruebas – Rendimiento del Cableado de Fibra Óptica** 12
   - Estándares de rendimiento de la industria 12
   - Certificación de cableado 16

4. **Pruebas de Verificación de Fibra** 25

5. **Cómo Certificar Cableado de Fibra Óptica con OLTS y LSPM** 26

6. **Cómo Certificar Cableado de Fibra Óptica con un OTDR** 32
   - Estrategia de pruebas de certificación de cable 36

7. **Fallos Comunes** 37

8. **Cómo Solucionar Fallos Comunes con un OTDR** 39
   - Encontrando fallos con un OTDR 39

9. **Inspección y Limpieza del Extremo** 44
   - Inspección 44
   - Limpieza 45

10. **Conclusión** 46

11. **Glosario** 47

12. **Apéndices** 48

1. Introducción

A medida que los enlaces de fibra admiten mayores anchos de banda con requerimientos más exigentes, cada vez es más importante garantizar que los enlaces troncales cumplen estándares estrictos de pérdidas. La necesidad de mayor capacidad de transmisión de datos sigue aumentando a medida que crecen y se expanden las aplicaciones de red. Estas mayores velocidades de 2 transmisión exigen cables que soporten mayor ancho de banda. Esta guía de pruebas describe requisitos de rendimiento de cableado, pruebas de campo, certificación y técnicas e instrumentos para resolución de problemas que permitan asegurarse de que el cableado de fibra óptica instalado es compatible con aplicaciones como Ethernet a 1, 10, 40 y 100 Gigabits por segundo (Gbps), Fibre Channel o InfiniBand.

Una red de área local (LAN) o una red empresarial ("edificio y campus") conecta usuarios hasta una distancia de 2 a 5 km. Abarca la conectividad del edificio, así como el cableado entre edificios o de campus. El cableado de fibra óptica se utiliza principalmente para la conectividad a mayores distancias y con mayor ancho de banda, mientras que el cableado de cobre de par trenzado ofrece, por lo general, la conexión para el usuario o a los dispositivos finales. Este cableado de cobre puede soportar conectividad de red hasta una distancia de 100 metros. El cableado de fibra óptica es el medio preferido para distancias más allá de los 100 metros, como los cables del troncal de edificio o campus.

Este folleto examina las mejores prácticas para las pruebas y los métodos para la resolución de problemas, así como las herramientas de prueba que aseguren que el cableado de fibra óptica instalado proporciona la capacidad de transmisión para soportar de forma fiable las aplicaciones de red para LANs o empresas. La "certificación", o proceso de probar el rendimiento de transmisión de un sistema de cableado instalado de acuerdo con un estándar específico, asegura una instalación de calidad. También proporciona documentación oficial y pruebas de que los requisitos establecidos por los distintos comités de normas se cumplen totalmente.

La fibra óptica es un medio de transmisión fiable y rentable, pero debido a la necesidad de alineación precisa de fibras muy pequeñas, pueden surgir problemas que van desde la contaminación del extremo final al daño del enlace. Aparte de esto, limitar las causas de los fallos es a menudo una tarea que consume mucho tiempo y recursos.

Por esta razón, Fluke Networks ha creado una guía de solución de problemas de fibra orientada a empresas para ayudar a garantizar: 1) la evaluación adecuada de la calidad de la instalación de cable y, 2) la resolución eficaz de fallos para reducir el tiempo empleado en identificar la causa de un problema antes de tomar medidas correctivas para arreglarlo. Téngase en cuenta que esta guía no aborda cuestiones que son aplicables exclusivamente a la tecnología de fibra óptica para telecomunicaciones de larga distancia.

2. Descripción General de los Principios de Transmisión sobre Fibra Óptica

Construcción

El cable de fibra óptica consta de hilos extremadamente finos de silicio ultra-puro diseñado para transmitir señales luminosas. **La Figura 1** muestra la construcción 3 de una fibra de vidrio que es el componente básico en muchos tipos de cable de fibra óptica. El centro del filamento de fibra se denomina el 'núcleo'. El núcleo guía las señales luminosas que se transmiten.

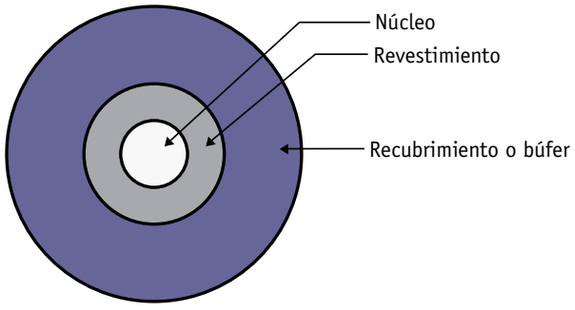


Figura 1 *– Sección transversal de una fibra óptica*

Una capa de vidrio denominada 'revestimiento' rodea el núcleo. El revestimiento confina la luz en el núcleo. La región externa de la fibra óptica es el 'recubrimiento', normalmente un material plástico, que proporciona protección y preserva la resistencia de la fibra de vidrio. Un diámetro exterior habitual para el revestimiento es de 125 micras (µm) o 0,125 mm. El diámetro del núcleo para cable de fibra óptica comúnmente utilizado en las infraestructuras locales es 9, 50 ó 62,5 µm. La fibra monomodo tiene el menor diámetro con un valor nominal de 9 µm; los diámetros mayores de 50 y 62,5 µm definen tipos de fibra multimodo.

Reflexión y refracción

La operación de la fibra óptica se basa en el principio de reflexión interna total. **La Figura 2** muestra este principio cuando la luz viaja desde el aire hacia el agua. Cuando la luz llega a la superficie del agua con un ángulo de incidencia menor que el ángulo crítico θ_c, se desplaza dentro del agua, pero cambia de dirección en el límite entre el aire y agua (refracción). Cuando un haz de luz llega a la superficie del agua con un ángulo mayor que el ángulo crítico, la luz se refleja en la superficie del agua. Cada material se caracteriza por un índice de refracción, representado por el símbolo n. Este índice, también llamado índice refractivo, es la proporción entre la velocidad de luz en el vacío (c) y su velocidad en un medio específico (v).

$$n=c/v$$

El índice de refracción en el vacío (espacio exterior) es 1 (v = c). El índice de refracción del aire (n1) es 1,003 o ligeramente superior al del vacío mientras el índice de refracción para el agua es 1,333. Un valor más alto del índice de refracción n de un material indica que la luz viaja más lenta en ese material. La luz viaja más rápido a través del aire que en el agua.

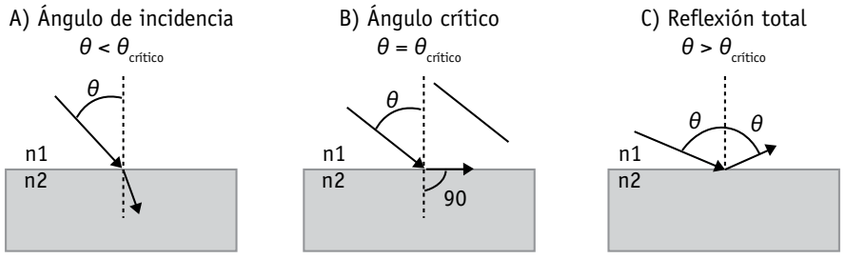
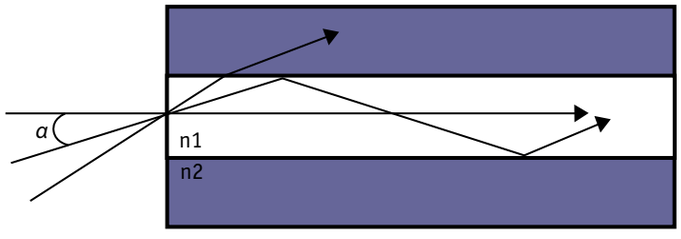


Figura 2 *- Principio de reflexión total*

El núcleo de una fibra óptica tiene un índice de refracción ligeramente mayor que el revestimiento. La luz que llega al límite entre el núcleo y el revestimiento con un ángulo de incidencia mayor que el ángulo crítico se refleja y continúa su recorrido dentro del núcleo. Este principio de reflexión total es la base para el funcionamiento de la fibra óptica. El ángulo crítico es una función del índice de refracción de los dos medios, en este caso el vidrio del núcleo y el del revestimiento. El índice de refracción para el núcleo es normalmente alrededor de 1,47 mientras que el índice de refracción para el revestimiento es aproximadamente 1,45.

A causa de este principio, podemos describir un cono imaginario con un ángulo relacionado con el ángulo crítico (véase **la Figura 3**). Si la luz se introduce en el extremo de fibra desde el interior de este cono, está sujeta a la reflexión total y viaja por el núcleo. La noción de este cono está relacionada con el término apertura numérica, la capacidad de recoger la luz de la fibra. La luz que llegue al extremo de fibra fuera de este cono se refractará en el revestimiento cuando se encuentre con el límite núcleo-revestimiento; y no permanece dentro del núcleo.



Índice de refracción del núcleo n1 = 1,47
Índice de refracción del revestimiento n2 = 1,45

Figura 3 *- Apertura numérica y reflexión total: La luz que entra en la fibra dentro de un ángulo se desplaza por el núcleo*

Señalización

Las redes de área local como Ethernet y Fibre Channel transmiten pulsos que representan información digital. El bit – abreviatura de dígito binario – es la unidad básica de información digital. Esta unidad sólo puede tomar dos valores: 0 o 1. Los datos numéricos se transforman en un número digital. Otros datos como los caracteres se codifican en una cadena de bits. Un estado 'On' u 'Off' representa electrónicamente el valor de un bit.

Asimismo, una cadena consecutiva de pulsos de luz representa la información digital que se transmite a través de un enlace de fibra óptica. El estado "On" representa un bit con valor 1 y el estado 'Off' representa un bit con valor 0. **La Figura 4** representa una muestra de la información digital tal como se transmite a través de un cable de fibra óptica.

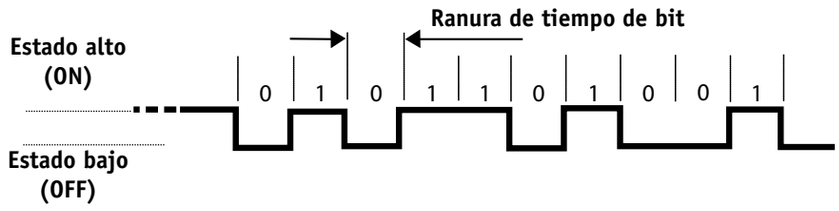


Figura 4 *- Un tren de pulsos típico que representa los datos digitales*

La representación de los pulsos en la Figura 4 está "idealizada". En el mundo real, los pulsos tienen tiempos reducidos de subida y bajada. **La Figura 5** describe las principales características de un pulso. El tiempo de subida indica la cantidad de tiempo necesaria para cambiar la luz al estado "On"; por lo general se corresponde con el tiempo necesario para la transición del 10 % al 90 % de la amplitud. El tiempo de bajada es lo contrario del tiempo de subida y representa la duración de cambiar la luz de 'On' a 'Off'. Los tiempos de subida y bajada son parámetros críticos; determinan el límite superior de la velocidad a la que el sistema puede generar y transmitir pulsos.

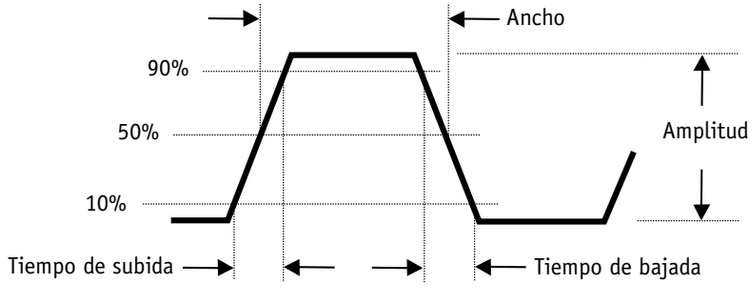


Figura 5 *- Análisis de un pulso*

Al transmitir mil millones o más bits por segundo (velocidad de datos de 1 Gbps o más), las fuentes de luz LED ya no se pueden utilizar debido a los tiempos de 5 subida y bajada de las fuentes LED. Estos sistemas de mayor velocidad sólo utilizan fuentes de luz láser. Una fuente muy común en las redes de los edificios es la VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, o Laser de emisión superficial de cavidad vertical) que transmite luz a la longitud de onda de 850 nm.

Requisitos para una transmisión fiable

Cuando la fuente de luz en el dispositivo de transmisión genera un tren de pulsos como el que se muestra en la Figura 4, el enlace de fibra óptica debe transmitir este tren de pulsos con suficiente fidelidad de señal para que el detector en el dispositivo receptor pueda detectar cada pulso con su verdadero valor de 'On' u 'Off'.

Como mínimo son necesarias dos cosas para garantizar la recepción y transmisión fiable:

Pérdida de inserción de canal: la máxima pérdida de señal o atenuación de señal permitida en el medio de transmisión desde el dispositivo transmisor al receptor. El término 'canal' define el medio de transmisión extremo a extremo entre transmisor y receptor. La pérdida de señal está compuesta por las pérdidas acumuladas en el cableado de fibra óptica y en cada conexión o empalme.

Dispersión de señal: Como vamos a estudiar, los pulsos de luz tienen una tendencia a esparcirse según viajan por el enlace de fibra debido a la dispersión. El esparcimiento debe limitarse para prevenir que los pulsos lleguen juntos o superpuestos al extremo receptor. Ambos parámetros – pérdida de canal y dispersión de señal – desempeñan un papel crítico en el establecimiento de una transmisión fiable y libre de errores. La dispersión no se puede medir en campo. Los estándares de red definen una longitud de canal máxima para la fibra óptica; la longitud máxima es una función de la velocidad de datos y el índice de ancho de banda de la fibra óptica. El índice de ancho de banda, a su vez, se basa en mediciones de laboratorio para caracterizar la dispersión modal en fibras ópticas multimodo.

Pérdida

La pérdida o atenuación ha sido un parámetro de rendimiento bien establecido en los estándares de cableado y de aplicación de red. La señal debe llegar al final del enlace de fibra óptica – la entrada al detector en el dispositivo receptor – con suficiente potencia para ser correctamente detectada y descodificada. Si el detector no "ve" claramente la señal, la transmisión, sin duda, ha fracasado.

La atenuación o pérdida de señal en fibra óptica es producida por varios factores intrínsecos y extrínsecos. Dos factores intrínsecos son la dispersión y la absorción. La forma más común de dispersión, llamada 'Dispersión de Rayleigh', está causada por las no uniformidades microscópicas de la fibra óptica. Estas no-uniformidades provocan que los rayos de luz se dispersen parcialmente cuando viajan a lo largo del núcleo de fibra y, por lo tanto, se pierde algo de potencia de luz. La dispersión de Rayleigh es responsable de aproximadamente el 90 % de la pérdida intrínseca en las fibras ópticas modernas. Tiene una mayor influencia cuando el tamaño de las impurezas en el vidrio es comparable a la longitud de onda de la luz. Las longitudes de onda más largas, por lo tanto, son menos afectadas que las longitudes de onda más cortas y están sujetas a menor pérdida.

Las causas extrínsecas de atenuación incluyen tensiones durante la fabricación del cableado y curvaturas de la fibra. Se pueden distinguir dos categorías de curvatura: microcurvatura y macrocurvatura. La microcurvatura es causada por imperfecciones microscópicas en la geometría de la fibra resultantes del proceso de fabricación, como la asimetría de rotación, cambios menores en el diámetro del núcleo, o límites desiguales entre el núcleo y el revestimiento. El estrés mecánico, la tensión, la presión o la torsión de la fibra también pueden causar microcurvaturas. **La Figura 6** describe la microcurvatura en una fibra y su efecto en el camino de la luz.

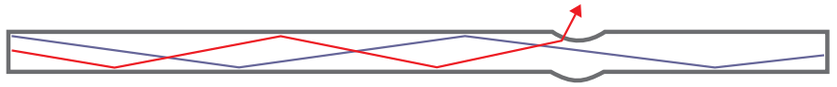


***Figura 6** – Una microcurvatura en una fibra óptica hace que algo de luz se escape del núcleo, lo cual se agrega a la pérdida de señal*

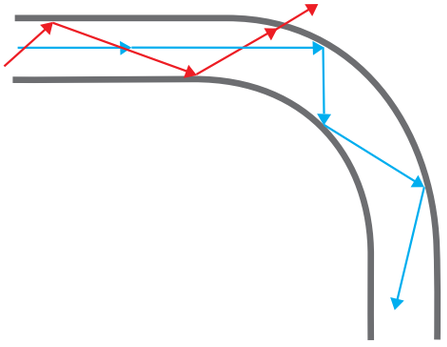


***Figura 7** – Una macrocurvatura o dobladura con un radio de curvatura reducido hace que los modos de luz de mayor orden se escapen del úcleo multimodo y, por lo tanto, provoca pérdida de señal*

La causa principal de macrocurvatura es una curvatura de pequeño radio. Las normas describen los límites de radio de curvatura como sigue: "Los cables con cuatro o menos fibras destinados al Subsistema de Cableado 1 (cableado horizontal o centralizado) admitirán un radio de curvatura de 25 mm (1 pulgada) cuando no estén sujetos a carga de tensión. Los cables con cuatro o menos fibras destinados a ser tendidos a través de canalizaciones durante la instalación admitirán un radio de curvatura de 50mm (2 pulgadas) bajo una carga de tracción de 220 N (50 lbf). Todos los demás cables de fibra óptica admitirán un radio de curvatura de 10 veces el diámetro exterior del cable cuando no estén sujetos a carga de tensión y 20 veces el diámetro exterior cuando estén sujetos a carga de tensión hasta el límite nominal del cable".

La Figura 7 muestra el efecto de una dobladura con un radio menor en el camino de la luz en la fibra. Parte de la luz en los grupos de modos de orden superior ya no es reflejada y guiada dentro del núcleo.

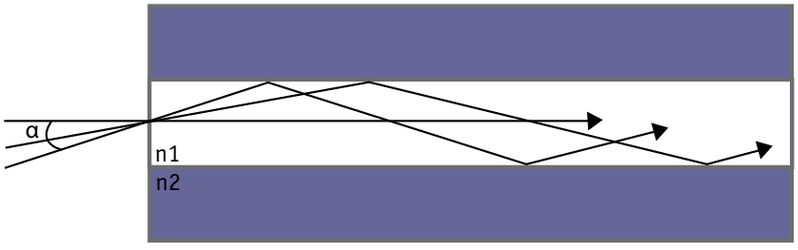
La longitud de la fibra y la longitud de onda de la luz que viaja a través de la fibra determinan ante todo el valor de la atenuación. La pérdida en un enlace de fibra óptica instalado está compuesta por la pérdida en la fibra más la pérdida en conexiones y empalmes. Las pérdidas en conexiones y empalmes representan la mayoría de las pérdidas en enlaces de fibra más cortos, típicos de las aplicaciones de red de edificios. Una herramienta para la solución de problemas como un Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) permite medir y comprobar la pérdida de cada conexión o empalme.

Dispersión

La dispersión describe cómo se esparcen los pulsos de luz cuando viajan a lo largo de la fibra óptica. La dispersión limita el ancho de banda de la fibra, reduciendo así la cantidad de datos que puede transmitir la fibra. Limitaremos el debate de la dispersión a la dispersión modal en fibras multimodo.

El término 'multimodo' se refiere al hecho de que se propagan simultáneamente numerosos modos de rayos de luz a través del núcleo. La Figura 8 muestra cómo se aplica el principio

de reflexión interna total a la fibra óptica multimodo de índice de salto. El término 'índice de salto' se refiere al hecho de que el índice de refracción del núcleo está un escalón por encima del índice del revestimiento. Cuando la luz entra en la fibra, se separa en distintos caminos, conocidos como 'modos'. El principio de reflexión interna total descrito anteriormente y mostrado en la **Figura 8** guía cada camino o modo a través del núcleo de fibra. Un modo viaja directamente por el centro de la fibra, otros modos viajan con ángulos diferentes y rebotan arriba y abajo debido a la reflexión interna. Los modos que más rebotan se denominan los "modos de orden superior". Los modos que rebotan muy poco son los "modos de orden inferior". El camino más corto es la línea recta. Todas las otras rutas adoptadas por la luz (modos) son más largas que la línea recta – cuanto más pronunciado es el ángulo, más rebotes se producen y más largo es el camino recorrido. Según varía la longitud de la ruta, así varía el tiempo de viaje para alcanzar el final del enlace. La disparidad entre los tiempos de llegada de los diferentes rayos de luz también conocida como retardo de modo diferencial (Differential Mode Delay, DMD), es el motivo de la dispersión o esparcimiento de un pulso según se transmite a lo largo del enlace de fibra.



Índice de refracción del núcleo n1 = 1,47
Índice de refracción del revestimiento n2 = 1,45

Figura 8 *– La fibra óptica reúne toda la luz que entra dentro del ángulo determinado por la Apertura Numérica. La luz se refleja en el límite entre el núcleo y el revestimiento y viaja por caminos diferentes. Un camino también se denomina un modo. La fibra óptica multimodo guía la luz a lo largo de varios caminos o modos. La luz que entra con un ángulo más amplio rebota más veces y recorre una ruta más larga, representando los modos de orden superior.*

El efecto de dispersión aumenta con la longitud del enlace de fibra óptica. Según viajan más lejos los pulsos, aumenta la diferencia en la longitud del camino y, por lo tanto, aumenta la diferencia en tiempos de llegada y la dispersión de los pulsos sigue creciendo. El efecto es que los pulsos de luz que llegan al final del enlace de fibra más largo se solapan mutuamente y que el receptor ya no puede distinguirlos, y no es capaz de descodificar su estado (valor). Mayores velocidades de datos suponen el envío de pulsos más cortos en una rápida sucesión. La dispersión limita la velocidad a la que se pueden transmitir pulsos. En otras palabras, la dispersión limita el ancho de banda del cableado.



Figura 9 *– El efecto neto de la dispersión hace que los pulsos transmitidos viajen juntos y se solapen al final del enlace (entrada del detector). El detector ya no puede reconocer y descodificar el estado de los pulsos individuales.*

Para compensar la dispersión inherente en fibra multimodo de índice de salto, se desarrolló la fibra multimodo de índice gradual. El 'índice gradual' se refiere al hecho de que el índice de refracción del núcleo disminuye gradualmente según se aleja del centro del núcleo. El vidrio en el centro del núcleo tiene el índice de refracción más alto que hace que la luz en el centro del núcleo viaje a la menor velocidad. La luz que recorre el camino más corto a través de la fibra viaja a una velocidad más lenta. Esta construcción del núcleo permite a todos los rayos de luz alcanzar el extremo receptor aproximadamente al mismo tiempo, reduciendo la dispersión modal en la fibra. Como muestra la **Figura 10**, la luz en la fibra multimodo de índice gradual ya no viaja en líneas rectas de borde a borde sino que sigue un camino sinuosoidal; poco a poco se refleja de vuelta hacia el centro del núcleo por la continua disminución del índice de refracción del vidrio del núcleo.

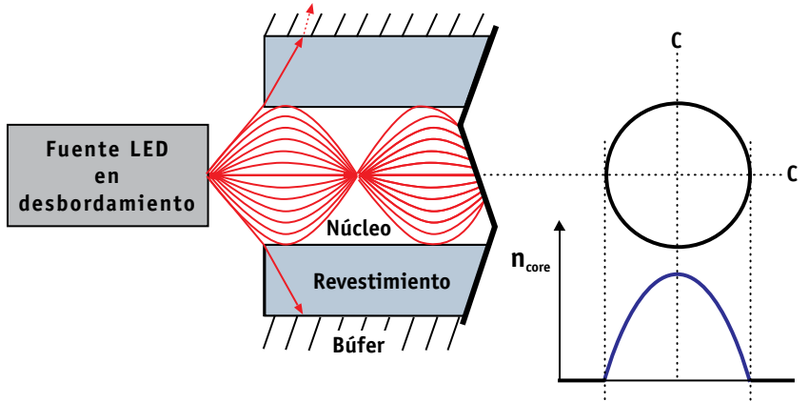


Figura 10 *– Fibra multimodo de índice gradual. El índice de refracción del núcleo cambia en todo el núcleo. Es más alto en el centro y disminuye gradualmente hacia el límite del revestimiento. Esto crea caminos de luz (modos) que siguen una ruta sinuosoidal, tal como se muestra en el panel izquierdo de esta figura. Los modos inferiores (centro del núcleo) viajan más lentos, mientras que los modos en las regiones exteriores que recorren las mayores distancias viajan más rápidos. La fibra multimodo de índice gradual, por lo tanto, proporciona mejor ancho de banda.*

La fibra multimodo optimizada para el láser que se utiliza para las aplicaciones de red más recientes de alta velocidad (velocidades de datos en el rango del Gigabit por segundo) se construye como la fibra multimodo de índice gradual. Esta fibra multimodo optimizada para el láser también utiliza el diámetro de núcleo más pequeño de 50 µm. El menor diámetro de núcleo también disminuye el efecto de dispersión en la fibra limitando el número de modos.

La fibra 'monomodo', como su propio nombre indica, sólo permite un modo de propagación a longitudes de onda mayores que la longitud de onda de corte1. La longitud de onda de 1.310 nm que utilizan la mayoría de aplicaciones de red corporativa sobre fibra monomodo (9 µm de diámetro del núcleo) está muy por encima de la longitud de onda de corte que está entre 1.150 nm y 1.200 nm. Las fibras monomodo, utilizando longitudes de onda más largas, conservan la fidelidad de cada pulso de luz sobre mayores distancias ya que no acusan dispersión modal (causada por usar varios modos). Así pues, puede transmitirse

1 Longitud de onda de corte: *La longitud de onda por debajo de la cual una fibra óptica monomodo deja de transmitir en un único modo.*

más información por unidad de tiempo sobre distancias más largas (la pérdida intrínseca es inferior a mayor longitud de onda). Esto da a las fibras monomodo mayor ancho de banda en comparación con la fibra multimodo.

El diseño de fibra monomodo también ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Existen otros mecanismos de dispersión y no-linealidades que no cubriremos ya que desempeñan un papel mucho menos importante en las aplicaciones de fibra óptica en redes de edificio. La fibra monomodo tiene algunas desventajas. El menor diámetro del núcleo dificulta el acoplamiento de la luz en el núcleo. Las tolerancias de empalmes y conectores monomodo son más exigentes para lograr una buena alineación del pequeño núcleo. Además, las fuentes de luz láser de mayor longitud de onda son más caras que las VCSEL funcionando a 850 nm.

Ancho de banda

Una característica clave de rendimiento de fibra es el ancho de banda, o la capacidad de transportar información de la fibra óptica. En términos digitales, el ancho de banda se expresa en una velocidad de bits a la cual las señales se pueden enviar sobre una distancia dada sin que un bit interfiera con el bit anterior o posterior. El ancho de banda se expresa en el producto MHz•km. La interferencia se produce por el fenómeno de dispersión que discutimos anteriormente.

El ancho de banda puede definirse y medirse de varias formas. Las tres especificaciones normalizadas de ancho de banda y las medidas aplicables son Ancho de Banda en Desbordamiento, Ancho de Banda Modal Restringido y Ancho de Banda de Láser o Ancho de Banda Modal Efectivo (Effective Modal Bandwidth, EMB). La razón de estos diferentes métodos proviene de las diferencias en las características de las fuentes de luz que se usan para transmitir información.

La fuente de luz tradicional para Ethernet a 10 Mbps y 100 Mbps ha sido el diodo emisor de luz (Light Emitting Diode, LED), una opción excelente para aplicaciones operando a velocidades de hasta 622 Mbps. Los LEDs producen una luz uniforme de salida que llena por completo el núcleo de la fibra óptica y utiliza todos sus modos de funcionamiento. Para predecir mejor el ancho de banda de las fibras multimodo convencionales cuando se utilizan con fuentes de luz LED, la industria emplea un método llamado Ancho de Banda en Desbordamiento (Overfilled Bandwidth, OFL).

Tal como se mencionó anteriormente, los LEDs no se pueden modular lo suficientemente rápido para transmitir los mil millones o más de pulsos por segundo necesarios para velocidades de datos Gbps. Una fuente de luz común para soportar las velocidades de transmisión Gigabit en aplicaciones de redes ópticas en edificios es la VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) a una longitud de onda de 850 µm. A diferencia de un LED, la salida de luz de un VCSEL no es uniforme. Cambia de VCSEL a VCSEL a través del extremo de la fibra óptica. Como resultado, los láseres no utilizan todos los modos en fibra multimodo sino más bien un conjunto restringido de modos. Y lo que puede ser más importante, cada láser rellena un conjunto diferente de modos en la fibra y con diferentes valores de potencia en cada modo.

Un método óptimo para garantizar el ancho de banda en enlaces de fibra óptica para la implementación de las velocidades Gigabit es la medición del DMD (retardo de modo diferencial – ver el debate previo sobre la dispersión). Esta técnica de medición es la única especificación de ancho de banda mencionada en las normas para velocidades de datos de 10 Gbps. El ancho de banda de láser o EMB se deriva matemáticamente de las mediciones de DMD.

Tipos de Fibra

El estándar ISO/IEC (std) 11801 define cuatro tipos de fibras ópticas para las diversas clases de aplicaciones de redes de edificio. El ISO/IEC std 11801 o std 24702 define tres tipos de de fibra óptica multimodo (OM1, OM2 y OM3) y dos tipos de monomodo (OS1 y OS2). Estas designaciones también están encontrando aceptación en el mercado norteamericano y se enumeran en el documento[2] TIA-568-C.3. La siguiente tabla proporciona una breve descripción de las principales características de estos tipos de fibra.

		Coeficiente de atenuación del cable (dB/km)		Ancho de banda modal mínimo (MHz•km)		
				En desborda-miento		Láser
Longitud de onda (nm)		850	1300	850	1300	850
Tipo de fibra óptica	Diámetro del núcleo (µm)					
OM1	50 ó 62.5	3.5	1.5	200	500	No especificado
OM2	50 ó 62.5	3.5	1.5	500	500	No especificado
OM3	50	3.5	1.5	1,500	500	2,000
OM4 (propuesto)	50	3.5	1.5			Por determinar 3,500 - 4,700

Tabla 1 *– Tipos de fibra óptica multimodo*

Las fibras multimodo antiguas con un índice de ancho de banda en desbordamiento por debajo de 200 MHz•km no están incluidas en esta tabla y ya no se recomiendan en el diseño de nuevas instalaciones. La designación OM3 describe el cable de fibra óptica multimodo optimizado para láser de gran ancho de banda. Entre los diferentes estándares de transmisión para Ethernet a 10 Gbps sobre fibra óptica, 10GBASE-SR (la transmisión en serie de 10 Gigabits por segundo con VCSEL de longitud de onda corta [850nm]) es la implementación más económica en las redes de área local de edificios, en los centros de datos o en las redes de almacenamiento. Y para esta aplicación, OM3 es el tipo de cable de fibra óptica preferido.

Los fabricantes de fibra óptica han desarrollado fibras multimodo optimizadas para láser con características de ancho de banda modal mejores que las especificaciones del tipo OM3. Esto puede llevar a la adopción de una clasificación 'OM4' con un ancho de banda de láser efectivo propuesto en el rango de 3.500 a 4.700 MHz•km. OS2 se conoce comúnmente como fibra monomodo de "bajo pico de agua" y se caracteriza por tener un bajo coeficiente de atenuación en la banda de 1.383 nm.

2 Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (Telecommunications Industry Association, TIA). TIA representa a la industria de telecomunicaciones en asociación con la Asociación de la Industria Electrónica. TIA está acreditada por el American National Standards Institute (ANSI) como uno de los principales contribuyentes a estándares voluntarios. El estándar ANSI/EIA/TIA 568 Estándar de Cableado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales es el principal estándar relacionado con sistemas de cableado estructurado en América del Norte.

3. Teoría de Pruebas – Rendimiento del Cableado de Fibra Óptica

La certificación es la forma más completa de comprobación en campo. Como se ha mencionado anteriormente, el procedimiento de pruebas de certificación asegura que el cableado instalado cumple los estándares de rendimiento de transmisión definidos en los estándares de la industria tales como las normas aplicables de la Organización de Normas Internacional / Comisión Electrotécnica Internacional (International Organization for Standard/International Electrotechnical Commission, ISO/IEC) y de TIA.

Estándares de rendimiento de la industria

Deben considerarse dos grupos de normas para obtener una especificación completa y garantizar que el cableado instalado admita los requisitos para las aplicaciones de red pretendidas. Después de todo, el objetivo de las pruebas de certificación es obtener la garantía de que el sistema de cableado no será la fuente de cualquier mal funcionamiento de red incluso antes de que el equipamiento de red esté instalado. Cada uno de los dos grupos de normas reconoce los requisitos del otro, pero no proporcionan un solapamiento perfecto.

Estándares de instalación genéricos

Las normas genéricas abordan las reglas generales de instalación y especificaciones de rendimiento. Las normas aplicables son el estándar ISO 11801:2002 y el ISO/IEC 14763-3, Tecnología de la Información – Implantación y operación de cableado en locales de cliente – Pruebas de cableado de fibra óptica, y el ANSI/ TIA 568 C. La última – revisión 'C' – consta de cuatro volúmenes. El volumen C.0 Cableado de Telecomunicaciones Genérico para Locales de Cliente proporciona una visión general. El volumen C.1 Sistemas de Cableado de Telecomunicaciones para Edificio Comercial describe el diseño recomendado para edificios comerciales y los volúmenes C.2 y C.3 describen las especificaciones de rendimiento para los componentes de cableado; C.2 habla del cableado equilibrado de par trenzado y el volumen C.3 del cableado de fibra óptica.

Estas normas tratan las especificaciones de comprobación en campo del rendimiento de la transmisión posterior a la instalación, que depende de las características de cable, longitud, hardware de conexión, latiguillos, cableado de interconexión, el número total de conexiones y el cuidado con que sean instaladas y mantenidas. Por ejemplo, cables con uertes curvaturas, conectores mal instalados y un problema muy común – la presencia de polvo, suciedad y otros contaminantes en las conexiones del extremo de las fibras– influyen negativamente en la atenuación del enlace.

Los estándares de instalación especifican como rendimiento mínimo de transmisión que la pérdida de enlace medida sea inferior al máximo permitido (límite de pérdidas), que se basa en el número de conexiones, de empalmes y la longitud total de cable de fibra óptica. Esta certificación debe ejecutarse con un Equipo de Pruebas de Pérdidas Ópticas (Optical Loss Test Set, OLTS) de precisión o una Fuente de Luz y Medidor de Potencia (Light Source and Power Meter, LSPM). Estas herramientas de prueba se describirán más adelante con mayor detalle, así como el Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (Optical Time Domain Reflectometer, OTDR). Un OTDR ofrece una buena indicación de la pérdida total de enlace, pero no es suficientemente preciso para pruebas de certificación de pérdida de enlace. La certificación incluye el requisito de documentación de los resultados de las pruebas; esta documentación proporciona la información que demuestra la aceptabilidad del sistema de cableado o el soporte de tecnologías de red específicas.

Cálculo del presupuesto de atenuación de enlace:

Presupuesto de Atenuación de Enlace (dB) = Presupuesto de Atenuación de Cable (dB) + Presupuesto de Pérdida de Inserción de Conector (dB) + Presupuesto de Pérdida de Inserción de Empalme (dB)

Donde:

Presupuesto de Atenuación de Cable (dB) = Máximo Coeficiente de Atenuación de Cable (dB/km) × Longitud (km) Presupuesto de Pérdida de Inserción de Conector (dB) = Número de Pares de Conectores × Presupuesto de Pérdida de Conector (dB) Presupuesto de Pérdida de Inserción por Empalme (dB) = Número de Empalmes × Presupuesto de Pérdida por Empalme (dB)

La Tabla 1 muestra el coeficiente de atenuación de cable por tipo de cable, este coeficiente es de 3,5 dB/km para todos los tipos de fibra óptica multimodo recomendados para sistemas de cableado en edificios. La fibra monomodo para interior tiene un coeficiente de atenuación de 1,5 dB/km, mientras que la fibra monomodo para exterior tiene un coeficiente de 1 dB/km o inferior. Las normas también especifican el máximo presupuesto de pérdida por conector como 0,75 dB y el máximo presupuesto de pérdida por empalme como 0,3 dB. Las instalaciones de c bleado bien realizadas, por lo general, deben ofrecer conexiones que muestren una reducción significativa de las pérdidas de conexión. La misma declaración se aplica a las pérdidas de empalme. Tenga en cuenta que la longitud del enlace de fibra debe ser conocida o medida por la herramienta de pruebas para determinar el límite de pérdidas.

La Tabla 2 muestra un ejemplo de aplicación de los cálculos de límite de pérdida. El cálculo se realiza para un segmento de enlace de fibra OM3 de 300 m con sólo dos conectores finales y ningún empalme, con una fuente de luz de 850 nm.

	Máx. pérdida por unidad de longitud o elemento	Longitud/ número	Pérdida calculada (dB)
Máx. pérdida en fibra	3.5 dB/km	0.3	1.05
Máx. pérdida de conexiones	0.75 dB	2	1.5
Máx. pérdida de empalmes	0.3 dB	0	0.0
Límite de pérdida del enlace			**2.55**

***Tabla 2** – Cálculo del límite de pérdida para un segmento de enlace MM de 300 m con fuente de luz de 850 nm*

Requisitos de longitud de onda y direccional

(1) Los segmentos de enlace de cableado horizontal o Subsistema de Cableado 1 (TIA-568-C.0) necesitan ser comprobados en una dirección a una longitud de onda, ya sea 850 nm o 1.300 nm para multimodo y 1.310 nm o 1.550 nm para monomodo.

(2) En el cableado troncal/vertical (segmentos de enlace de los Subsistemas de Cableado 2 y 3) se realizarán las pruebas en al menos una dirección a ambas longitudes de onda

operativas para dar cuenta de las diferencias de atenuación asociadas con la longitud de onda. Los segmentos de enlace multimodo se probarán a 850 nm y 1.300 nm; los monomodo a 1.310 nm y 1.550 nm. Los enlaces que utilizan conectores con llave para implementar la polaridad de fibra sólo se pueden probar en la dirección que prescribe la llave de los conectores.

Estándar de aplicación de red

Para la certificación, también deben tenerse en cuenta los estándares de aplicación de red, como el estándar IEEE 802.3 para Ethernet o el estándar ANSI para FibreChannel (FC). Las aplicaciones de alto rendimiento (rango del Gbps y superior) requieren límites más estrictos en la longitud de canal y la pérdida de canal que depende del tipo y del índice de ancho de banda de la fibra óptica y las fuentes de luz utilizadas en los dispositivos de red. La **Tabla 3** muestra la máxima distancia admitida y la máxima pérdida de canal permitida para varias aplicaciones de red comunes y para los diferentes tipos de fibra que se han descrito anteriormente en la **Tabla 1**. La máxima longitud de canal (máxima distancia admitida) es una especificación preparada para la dispersión. Siempre que la longitud del canal no supere el máximo declarado en el estándar, la dispersión no provocará un fallo de la comunicación.

La certificación en campo verificará que la longitud del canal de fibra óptica no supera la distancia máxima admitida (el límite de longitud). Las normas de instalación descritas anteriormente requieren la medición de la longitud del cable para calcular el 'presupuesto de atenuación de enlace máximo', pero las normas de instalación imponen una longitud máxima genérica, que podría ser bastante superior a la longitud especificada para la aplicación. La **Tabla 3** permite comprobar que la longitud es limitada y que disminuye para aplicaciones de mayor tasa de datos en función del índice de ancho de banda de cada tipo de fibra (una función de las características de dispersión modal de la fibra). Los límites máximos de pérdida de canal limita disminuyen (se hacen más estrictos) con los sistemas de rendimiento superior.

		OM1		OM2		OM3	
Aplicación	Longitud de onda	Dist. (m)	Pérdida (dB)	Dist. (m)	Pérdida (dB)	Dist. (m)	Pérdida (dB)
10/100BASE-SX	850	300	4.0	300	4.0	300	4.0
100BASE-FX	1300	2000	11.0	2000	6.0	2000	6.0
1000BASE-SX	850	275	2.6	550	3.6	800	4.5
1000BASE-LX	1300	550	2.3	550	2.3	550	2.3
10GBASE-S	850	33	2.4	82	2.3	300	2.6
FC 100-MX-SN-I (1062 Mbaud)	850	300	3.0	500	3.9	860	4.6
FC 200-MX-SN-I (2125 Mbaud)	850	150	2.1	300	2.6	500	3.3
FC 400-MX-SN-I (4250 Mbaud)	850	70	1.8	150	2.1	270	2.5
FC 1200-MX-SN-I (10,512 Mbaud)	850	33	2.4	82	2.2	300	2.6
FDDI PMD (ANSI X3.166)	1300	2000	11.0	2000	6.0	2000	6.0

***Tabla 3** – Máxima Distancia y Pérdida de Canal para aplicaciones de fibra óptica multimodo por tipo de fibra.*

El canal es el enlace total de cableado incluidos todos los latiguillos de panel o equipo que enlazan los dispositivos activos. La Figura 11 muestra la diferencia entre canal y enlace permanente. El enlace permanente describe el enlace que se considera una parte permanente de la infraestructura del edificio o centro de datos. El equipamiento de red está conectado al enlace permanente mediante latiguillos de panel o equipo. Debe tenerse cuidado de seleccionar latiguillos del mismo tipo de fibra que el cableado de fibra óptica del enlace permanente.

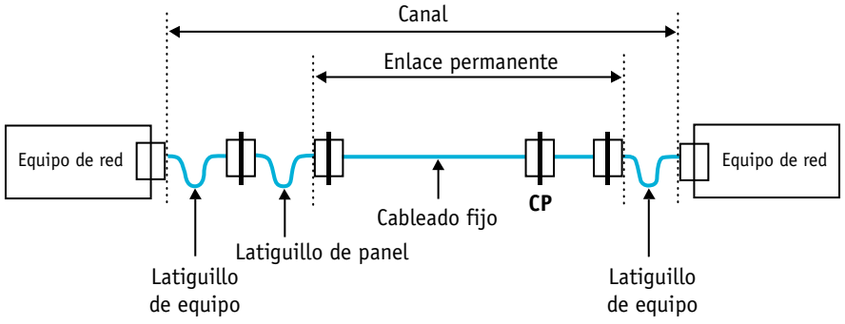


***Figura 11** – El canal representa el enlace extremo a extremo que conecta transmisor y receptor. El cableado fijo – un subsegmento del canal – es llamado el enlace permanente. En la figura se muestra un modelo de enlace horizontal genérico que contiene conexiones opcionales como el CP (Punto de Consolidación).*

A menudo se construye un enlace de fibra óptica con varios segmentos o secciones y el equipo de red no está instalado aún cuando se certifica la instalación de cableado. No es suficiente comprobar cada segmento contra los estándares de instalación. Garantizar que el sistema instalado admitirá la aplicación de red pretendida requiere que los canales instalados (enlaces de fibra extremo a extremo) cumplan los requisitos de longitud y pérdida definidos en la especificación de la aplicación, como se muestra en la **Tabla 3.**

Puede seleccionar uno de estos dos métodos para asegurar que el canal instalado cumple los requisitos de aplicación antes de activar el servicio de red.
(1) Calcular la pérdida de canal añadiendo los datos para cada segmento de enlace en el canal y añadiendo la contribución de pérdidas esperada de los latiguillos de panel de interconexión. El estándar IEC 14763-3 hace supuestos explícitos acerca de la pérdida de una conexión de TRC con un enlace (0,3 dB; véase la Tabla A2-1) frente a la pérdida máxima de las conexiones realizadas con latiguillos comerciales (0,75 dB).

(2) Medir la pérdida de canal como se muestra en la Figura 12. Las conexiones finales del canal – las conexiones realizadas con el equipo de red – no se incluyen en el límite de la pérdida de canal. Al reemplazar los cables de equipo con TRCs, la pérdida en las conexiones finales no es parte del resultado de la prueba. La diferencia de longitud entre los TRCs y la longitud combinada de los cables de equipo representa un error muy pequeño en la pérdida de 0,0035 dB por metro. Si creemos que la pérdida acoplada entre el enlace en pruebas y los TRCs es menor que la pérdida con latiguillos, la prueba en la **Figura 12** subestima un poco la pérdida de canal. Fluke Networks considera que esta diferencia es mucho menor que los supuestos hechos en IEC 14763-3.

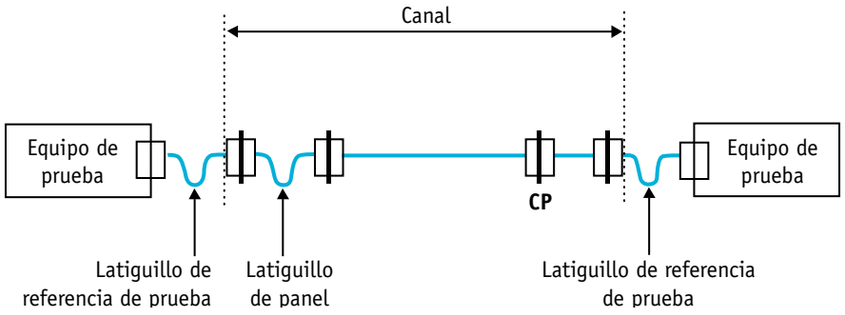


***Figura 12** – Las conexiones finales en la Fig. 12 no forman parte de la especificación del canal. Al reemplazar los cables de equipo con los Cable de Referencia de Prueba (Test Reference Cords, TRCs) para la medición de pérdida y longitud del canal, el "error" en la medición de pérdida está representado por la diferencia de longitud entre un TRC y la suma de los dos cables de equipo utilizados para completar el canal. 1 m de cable representa 0,0035 dB.*

Polaridad de un enlace de fibra óptica

Las instalaciones de red de área local admiten comunicación bidireccional mediante el uso de fibras ópticas independientes en cada dirección. El sistema de cableado deberá proporcionar medios para mantener la correcta polaridad de la señal de forma que el transmisor en un extremo del canal se conecte al receptor en el otro extremo. Varios métodos se utilizan para mantener la polaridad para sistemas de cableado de fibra óptica. Las directrices se describen e ilustran en el Anexo B de TIA-568-C.0. Se deben seleccionar los tipos de conectores dúplex y sistemas de conectores matriciales que permitan que la disposición de ordenamiento de la fibra se mantenga en relación con los tipos de llave del conector.

Certificación de Cableado

Seleccione el estándar de rendimiento

Las normas definen un procedimiento de prueba mínimo que consta de:

1. La medición y evaluación de la pérdida de enlace mediante un 'equipo de pruebas de pérdidas ópticas' (OLTS) – algunas normas se refieren a esta herramienta de prueba como una 'fuente de luz y medidor de potencia' (LSPM). El OLTS y el LSPM tienden a utilizarse indistintamente. En este documento elegiremos la terminología OLTS para las herramientas de prueba de certificación que midan automáticamente la longitud del enlace en pruebas mientras que utilizaremos el término LSPM para designar los equipos de pruebas que no miden la longitud del enlace – y por lo tanto pueden requerir algunos cálculos manuales para interpretar los valores medidos. La fuente de luz se conecta a un extremo de la fibra en pruebas mientras que el medidor de potencia se conecta al otro extremo.

2. La medición y evaluación de la longitud de enlace. La longitud debe ser conocida para calcular el límite de prueba de pérdida de muchas de las normas de instalación – la máxima pérdida que aporta la fibra óptica en el valor límite de pérdida del enlace. La longitud también desempeña un papel importante para certificar el enlace para una aplicación de red específica. Como se muestra en la **Tabla 3**, la longitud máxima de un canal de fibra para una aplicación de red determinada depende del tipo de fibra y el índice de ancho de banda de la fibra.

3. La verificación de polaridad del enlace

Los pasos del 1 al 3 constituyen el requisito mínimo de pruebas para la certificación, también conocido como 'Certificación Básica' o comprobación de 'Nivel 1'. La comprobación de 'Nivel 2' también conocida como prueba de 'Certificación Extendida' es opcional e incluye las pruebas de Nivel 1, además de la adición de un análisis OTDR del enlace (con el gráfico [trace] y/o la tabla de eventos). El análisis OTDR puede utilizarse para caracterizar los componentes en el enlace de fibra instalado resultando en una indicación de la uniformidad de atenuación del cable y la pérdida de inserción de cada conector individual, la pérdida de inserción de empalmes individuales y otros "eventos" que se puedan detectar. Un análisis OTDR proporciona una medición de pérdida total para el enlace. Las normas definen que la medición de pérdida de la certificación básica (Nivel 1) debe eje cutarse utilizando el equipo OLTS o LSPM que cuando son correctamente utilizados proporcionan un análisis de pérdida de mayor precisión.

El usuario final debería especificar el estándar de prueba elegido para el procedimiento de prueba de certificación de fibra óptica. Una estándar de prueba define las pruebas que se van a ejecutar y los límites o valores máximos permitidos para las pruebas. Como hemos explicado, cuando se prueban o certifican enlaces que deben admitir aplicaciones de alto rendimiento (velocidades de datos en el rango de Gbps), los estándares de aplicación imponen límites severos para la longitud y la pérdida de canal. Cuando se necesita certificar el cableado para admitir este tipo de aplicaciones es importante (a) seleccionar el estándar de aplicación correspondiente en la configuración OLTS y (b) certificar la configuración de canal.

Certificación – Requisitos de proceso y equipamiento

La Tabla 3 muestra que los límites de pérdida de canal para aplicaciones de red de alto rendimiento son relativamente pequeños. Para poder tomar las decisiones Pasa/Falla de manera fiable, el procedimiento de prueba debe ejecutarse con exactitud con equipos OLTS o LSPM precisos. Cuando el valor de límite de pérdida es 2,6 dB (10GBASE-S), un error de medición de incluso 0,25 dB constituye un error cercano al 10 % del valor límite. Esta sección examinará los pasos del procedimiento y los requisitos de los equipos para lograr mediciones precisas y predecibles. Dos cuestiones han demostrado aportar una contribución crítica al tema de la precisión de la medición:

(1) La referencia para la medición de pérdida

(2) La condición de emisión de la fuente de luz en el enlace en pruebas

Unidades de medida

Los dB o decibelios expresan una relación de niveles de potencia utilizando una función logarítmica. Si representamos la potencia de entrada en una caja negra como P_{in} y la potencia de salida como P_{out}, calculamos la amplificación o atenuación de la señal procesada a través de la caja negra en dB utilizando la siguiente función:

$$10 \times \log10(P_{out} / P_{in})$$

Tenga en cuenta que cuando P_{out} es mayor que P_{in}, la caja negra ha amplificado la señal y la fórmula matemática anterior produce un número positivo. Si por el contrario P_{out} es menor que P_{in}, la señal ha sido atenuada y la fórmula produce un número negativo. Dado que este último es siempre el caso cuando medimos cableado pasivo y ya que las normas utilizan el nombre de "Pérdida", se omite el signo negativo al hablar de la pérdida de cableado en dB.

Un nivel de potencia absoluto normalmente se expresa en vatios (y sus múltiplos como el megavatio en el mundo de la generación de energía eléctrica o fracciones de un vatio como el milivatio o incluso el microvatio en electrónica). En el campo de las comunicaciones, un nivel de potencia absoluto P a menudo se expresa en proporción a un milivatio (mW) mediante los decibelios. Aplicamos la fórmula mencionada anteriormente pero reemplazando la referencia (nivel de potencia de entrada) con el nivel de potencia absoluto de 1 mW.

$$1\ dBm = 10 \times \log_{10}(P/mW)$$

La 'm' en el símbolo dBm indica un nivel de potencia respecto a una referencia de un milivatio.

Nota: *la escala en dB no es una escala lineal como demuestran los números en la tabla siguiente*

Pérdida en dB	Potencia de salida como % de la potencia de entrada	% de potencia perdida	Relación P_{out}/P_{in}
1	79%	21%	
2	63%	37%	
3	50%	50%	1/2
5	32%	68%	
6	25%	75%	1/4
7	20%	80%	1/5
10	10%	90%	1/10
15	3.2%	96.8 %	~1/30
20	1%	99%	1/100
30	0.1 %	99.9%	1/1000

Tabla 4 *– Los decibelios expresan una relación entre dos niveles de potencia. El logaritmo de la relación convierte esta unidad en no lineal.*

Establecer la referencia – principio

El principio de medición de la pérdida se basa en la diferencia de dos mediciones de potencia. Las Figuras **13** y **14** muestran el principio de medición de las pérdidas de un enlace de fibra. En la Figura 13 la fuente de luz se conecta con el medidor de potencia con un 'latiguillo de referencia de prueba' (Test Reference Cord, TRC). Un TRC es un latiguillo de fibra de alta calidad de entre 1 y 3 m con conectores de alto rendimiento en cada extremo. Los extremos de los conectores deben tratarse por el fabricante para proporcionar superficies reforzadas resistentes a arañazos que admitan una gran cantidad de inserciones sin degradación en el rendimiento. Es sumamente importante que los extremos de los TRCs se mantengan muy limpios y sean inspeccionados regularmente – y limpiados si es necesario – a lo largo del día, cuando se están certificando enlaces de fibra óptica.

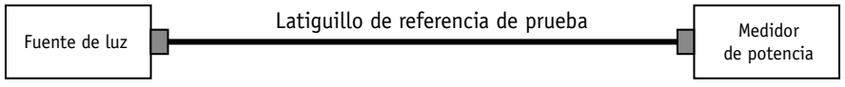


Figura 13 *– Principio para las conexiones para establecer la referencia para una medición de pérdida óptica*

La fuente de luz en la Figura 13 introduce la luz en el TRC que la guía hasta el medidor de potencia. El medidor de potencia mide el nivel de energía de luz y normalmente lo expresa en dBm. La lectura de alimentación de referencia con fuentes de luz LED cae en el rango de -18 dBm a -20 dBm. El nivel de -20 dBm corresponde a 0,01 mW. Al probar un enlace de fibra monomodo con una fuente de luz láser, la medición de potencia de referencia puede dar un valor de -7 dBm, que corresponde aproximadamente a 0,2 mW, un nivel de potencia que es unas 20 veces más fuerte que la salida de luz LED. Por lo tanto, siempre tenga cuidado de no mirar en un enlace de fibra activo – ¡la luz utilizada para las comunicaciones de datos queda fuera del espectro visible, pero puede causar daños permanentes en sus ojos!

La medición de potencia de referencia compensa las incertidumbres que se podrían traducir en errores de medición (imprecisiones). Se desconoce el nivel de salida de potencia exacta de la fuente de luz y la cantidad de luz introducida en el TRC varía cada vez que hacemos una conexión. Tenemos que aceptar que hay cierta pérdida en la conexión entre la fuente de luz y el TRC. Debido a la medición de referencia, no necesitamos saber exactamente cuánto es esta pérdida de acoplamiento ya que permanece sin cambios durante todo el trabajo de comprobación. Por lo tanto, el TRC no se quitará de la fuente hasta que terminemos o establezcamos una nueva referencia.

El acoplamiento de la luz desde el TRC al medidor de potencia es menos variable, ya que el medidor de potencia debe estar equipado con un gran ángulo de entrada para capturar toda la luz del TRC. Este acoplamiento debe estar limpio y los conectores bien situados para garantizar que la medición de referencia verdaderamente establezca "la referencia". Muchos de los comprobadores como los módulos de pérdida/longitud de fibra de los CableAnalyzer™ serie DTX comprueban automáticamente que el nivel de potencia de referencia medido esté dentro del rango aceptable para la fuente de luz. Esto proporciona

cierto nivel de garantía de que la referencia es válida pero no elimina la necesidad de utilizar TRCs de alta calidad, y de que se haya inspeccionado si están limpios. Después de que hemos establecido este nivel de potencia de referencia, pasamos a las conexiones de medición, tal como se muestra en la **Figura 14**, con las siguientes acciones:

(1) En primer lugar, NO alterar la conexión entre la fuente de luz y el TRC de ninguna manera.
(2) Conectar la fuente de luz y TRC a un extremo del enlace en pruebas (conector C1).
(3) Conecte un segundo TRC ("TRC agregado") entre el otro extremo del enlace en pruebas (C2) y el medidor de potencia. Este segundo TRC debe presentar la misma calidad que el primero (utilizado para establecer la referencia). También se inspeccionará para asegurarse de que ambas conexiones finales estén limpias.
(4) Hacer una medición de potencia mientras que la fuente de luz transmite la luz a través del enlace en pruebas hasta el medidor de potencia.
(5) El medidor de potencia mide la energía de la luz a través del enlace en pruebas y produce un resultado en dBm.

Supongamos que la medición de potencia a través del enlace en pruebas es de -23,4 dBm y el nivel de potencia de referencia es de -20 dBm. Restando estas dos lecturas de medida, encontramos la pérdida causada por el enlace en pruebas. En este ejemplo, la pérdida es de -20 – (-23,4) ó 3,4 dB. Tenga en cuenta que una pérdida se expresa en dB (en contraste con las mediciones absolutas de potencia expresadas en dBm). Un OLTS calcula automáticamente la diferencia de niveles de potencia (la pérdida del enlace en pruebas) en dB y compara el resultado con el límite para el enlace en pruebas. Si la pérdida medida es inferior o igual al límite, la prueba pasa.

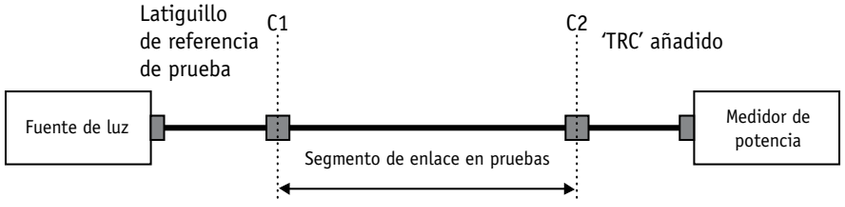


***Figura 14** – Conexión de 'Fuente de Luz' y 'Medidor de Potencia' para una medición de pérdida óptica*

Diferentes métodos para establecer la referencia

La aplicación del principio de medición de pérdida que se muestra en las **Figuras 13** y **14** es el método de 'un latiguillo' ('one-jumper'). Se utiliza un latiguillo o un TRC para establecer la referencia. Este método es el preferido para la prueba de pérdida en todos los cableados de edificio. Estos sistemas de cableado se caracterizan por longitudes de fibra relativamente cortas, pero pueden tener varias conexiones. Como demuestra el ejemplo de cálculo de pérdidas en la **Tabla 2**, la pérdida máxima permitida en un enlace corto de 300 metros por los dos conectores son 1,5 dB del presupuesto total de 2,55 dB; la pérdida de hardware de conexión constituye el 59%. Esto pone de relieve la necesidad de asegurarse de que todas las pérdidas de conexión se incluyan adecuadamente en la medición de pérdida.

Cuando analizamos el método de referencia que se muestra en la **Figura 13**, el TRC no introduce una conexión entre la fuente de luz y el medidor de potencia. El TRC se conecta a cada dispositivo pero no añade ninguna conexión. Siga el camino de la luz entre la fuente y el medidor en la **Figura 14** para darse cuenta que la pérdida en la conexión C1, en el enlace en pruebas y en la conexión C2 se contabilizan plenamente en la medición. La medición de pérdida también incluye la pérdida del 'TRC añadido'. La pérdida máxima producida por un TRC de 2 m es de 0,007 dB (la **Tabla 1** muestra que la pérdida máxima para los tipos de fibra utilizados en cableado de edificio es de 3,5 dB/km o 0,0035 dB/m). Otra diferencia entre la medición de referencia y la medición de pérdida de enlace es una nueva conexión entre el 'TRC añadido' y el medidor de potencia. Esta diferencia también es muy pequeña (suponiendo que los extremos del están verdaderamente limpias) ya que el medidor está equipado con una lente gran angular para captar toda la luz transmitida por el enlace en pruebas. Opinamos que el error de medición debido al 'TRC añadido' es de menos de 0,01 dB que también resulta ser la resolución de un medidor de potencia.

Sólo se puede aplicar el método de un latiguillo si el conector en el medidor de potencia y los conectores finales del enlace en pruebas son del mismo tipo (por ejemplo, conectores SC). Después de establecer la referencia, desconectamos el TRC del medidor de potencia y sólo podemos conectar este TRC al enlace en pruebas si el conector del final del enlace (C1 en la **Figura 14**) encaja adecuadamente con este TRC.

Para poder utilizar el método preferido de un latiguillo con conectores de diferentes tipos, muchos de los medidores de potencia de Fluke Networks, entre ellos el SimpliFiber Pro, están equipados con un adaptador extraíble. Una colección de TRCs híbridos asegura las conexiones de medición adecuadas, teniendo todas las ventajas de la exactitud del método de un latiguillo.

Las normas aplicables enumeradas en la **Tabla 5** definen tres métodos diferentes para establecer la referencia en una prueba de pérdida de fibra óptica. Los nombres de estos métodos en los diferentes documentos de normas pueden ser confusos. En este documento usaremos los siguientes nombres: método de un latiguillo, método de dos latiguillos y método de tres latiguillos. El método de dos latiguillos de referencia y el método de tres latiguillos se discuten en el Apéndice 2.

Nombre en este documento	IEC 14763-3	IEC 61280-4-1 (multimodo)	IEC 61280-4-2 (monomodo)	TIA-526-14A (multimodo)	TIA-526-7 (monomodo)
Un latiguillo	Un latiguillo	Método 2	Método A1	Método B	Método A.1
Dos latiguillos	–	Método 1	Método A2	Método A	Método A.2
Tres latiguillos	Tres latiguillos	Método 3	Método A3	Método C	Método A.3

***Tabla 5 –** Referencia de nombres de los métodos de prueba en las normas de instalación*

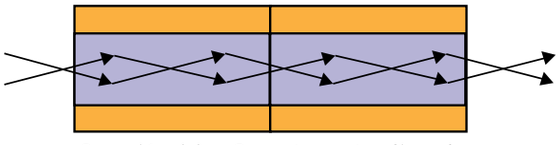
Condiciones de emisión

El objetivo de cualquier medida de certificación es proporcionar indicaciones Pasa/Falla en las que el usuario final y el contratista de la instalación puedan confiar. Las 'condiciones de emisión' han demostrado tener una influencia importante en la precisión y la coherencia de las mediciones de pérdida de fibra óptica.

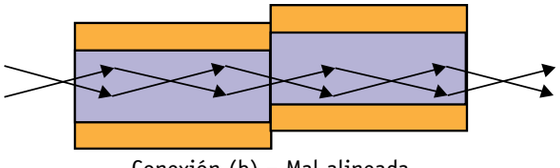
Hemos visto que la luz se propaga en muchos modos por la fibra multimodo de índice gradual. El número de modos utilizados por la emisión y el nivel de energía en cada modo afecta a las medidas de potencia. Si las condiciones de emisión no están controladas de una herramienta de prueba a otra, cada herramienta puede proporcionar resultados diferentes de medición y prueba; una indicación cierta de que ninguno de ellos son correctos o fiables. El objetivo es controlar las condiciones de emisión de modo que las herramientas de prueba compatibles produzcan resultados que se encuentren dentro de un estrecho margen alrededor del verdadero valor de pérdida.

Factores que influyen en las condiciones de emisión. Los LEDs son las fuentes de luz preferidas para comprobar las pérdidas en enlaces de fibra multimodo. Vimos cómo los VCSELs se han convertido en la fuente de luz de elección para todas las aplicaciones de red de alto rendimiento con fibra multimodo porque los VCSELs tienen la capacidad de modulación necesaria para proporcionar pulsos cortos en una rápida sucesión, y así admitir la velocidad de datos de las aplicaciones a 1 y 10 Gbps. Pero los VCSELs no son adecuados para la comprobación de pérdida porque cada VCSEL puede utilizar un conjunto de modos diferente con niveles de energía variables en cada modo. Además, la comprobación de pérdida se realiza con una onda de luz constante en lugar de una señal modulada.

Los LEDs producen un cono de luz que se reparte uniformemente en el extremo de la fibra, incluso más allá del núcleo. Los LEDs crean una condición de "emisión en desbordamiento". El grado de desbordamiento, sin embargo, produce importantes variaciones en la medición de pérdida. Una fuente de luz láser como un VCSEL crea una condición de "emisión restringida". Estas fuentes iluminan un estrecho cono de luz en el centro del núcleo. Una condición de emisión restringida puede no detectar correctamente problemas en el enlace de fibra y, por consiguiente, proporcionar un resultado más favorable de la prueba.



Conexión (a) – Correctamente alineada



Conexión (b) – Mal alineada

Figura 15 *– Comprobar las dos conexiones que se muestran con condiciones de emisión restringida puede no detectar el problema de falta de alineación en el cable óptico*

La conexión no alineada en la **Figura 15** (b) proporciona un ejemplo en el que la medición de pérdida con una emisión restringida no puede detectar el efecto pleno de la desalineación. Dará un valor de pérdida menor (valor de pérdida optimista) que una prueba ejecutada con una fuente de luz en desbordamiento.

Control de las condiciones de emisión. Con los años, se han desarrollado mejores métodos para controlar estas condiciones de emisión en desbordamiento en un estrecho margen con el objetivo de producir resultados de prueba de pérdida precisos y repetibles. Las normas establecieron dos métricas independientes para caracterizar y controlar las condiciones de emisión. Son la Distribución de Potencia Modal y la Relación de Potencia Acoplada.

La Distribución de Potencia Modal (Modal Power Distribution, MPD) mide el nivel relativo de potencia en los diferentes modos transferidos entre la fuente de luz y el TRC. Deberá satisfacer esta métrica el diseño del equipo, así como la selección de diodos LED y el acoplamiento dentro el instrumento de fuente de luz entre el LED y la conexión interna de fibra. (Todos los módulos de prueba de fibra óptica diseñados y fabricados por Fluke Networks desde 2002 cumplen los requisitos de MPD).

La Relación de Potencia Acoplada (Coupled Power Ratio, CPR) es una medida de la cantidad modal de relleno en una fibra multimodo (latiguillo de referencia de prueba). Se hizo popular porque se puede medir en campo. Tanto la fuente de luz como el TRC pueden ser clasificados con un índice CPR. Un valor de CPR se mide como la pérdida entre un TRC multimodo y un TRC monomodo acoplado. Cuando la luz de la fibra multimodo contiene energía significativa en los modos de orden superior, la pérdida de este acoplamiento será mayor que cuando la fibra multimodo lleva menos energía en los modos de orden superior. El valor de esta medida de pérdida define la condición de desbordamiento deseada cuando se utiliza una fuente de luz con MPD compatible. Las normas especifican los valores de la pérdida CPR; un índice CPR de 1 es la tasa deseada y recomendada para las mediciones de certificación de los enlaces de fibra óptica multimodo.

Mandril. Ya que un equipo de prueba con una fuente de luz con MPD compatible en combinación con TRCs con CPR de índice 1 puede producir diferentes resultados de pruebas de pérdida, se han diseñado más pasos aún para limitar esta variabilidad en los resultados. Es necesario el uso de un mandril para comprobar enlaces multimodo de fibra óptica para obtener mediciones de pérdida más precisas. El mandril adecuado limita las incertidumbres de la medición y mejora la precisión de la medida de pérdida. Un mandril es un pequeño cilindro con un diámetro especificado que depende del tamaño del núcleo y la construcción de la fibra del TRC. La Tabla 4 muestra los tamaños de mandril definidos en el documento de ANSI/TIA-568-C.0 para varias construcciones de fibra.

Tamaño núcleo/re-vestimiento de la fibra (µm)	Fibra con búfer de 900 (mm)	TRC enfundado de 2,0 (mm)	TRC enfundado de 2,4 (mm)	TRC enfundado de 3,0 (mm)
50/125	25	23	23	22
62.5/125	20	18	18	17

Tabla 6 *– Diámetros de mandril aceptables para tipos de cable multimodo (cinco vueltas)*

El TRC multimodo se enrolla cinco veces en este cilindro para conseguir el efecto de filtrado o eliminación de los modos superiores no deseados de la emisión. Recuerde que los modos de orden superior – modos que viajan a través del rango externo del núcleo – se refractan fuera del núcleo cuando se curva la fibra.

Las cinco vueltas definidas controlan los modos que entrarán al enlace en pruebas para medir la pérdida. El TRC conectado a la fuente de luz se enrollará al mandril, tal como se muestra en la **Figura 16** y permanecerá conectado para todas las pruebas.

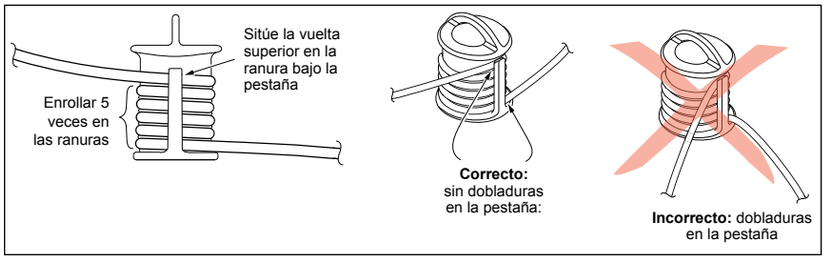


***Figura 16** – Cómo enrollar el latiguillo de referencia de prueba de fibra óptica correctamente alrededor de un mandril*

El mandril también mejora la precisión de las medidas mediante el establecimiento de un valor de referencia de prueba realista. Cuando examinamos la configuración de la Figura 13, la condición de emisión en desbordamiento utiliza los modos de orden más alto en el TRC y también puede emitir algo de luz en el revestimiento del TRC. Los modos de orden superior en el núcleo y la luz en el revestimiento no viajarán muy lejos, pero pueden recorrer la corta distancia del TRC si éste no está sujeto a ninguna curvatura. La entrada gran angular del medidor de potencia capta la luz de la energía en el revestimiento. Esta luz sin embargo no "sobrevivirá" en el enlace en pruebas (a menos que sea un trayecto de fibra muy corto y recto). Sin un mandril, el medidor de potencia mide energía de luz durante la configuración de referencia que no viajará a través del enlace en pruebas. El nivel de potencia establecido durante la prueba de referencia es mayor de lo que debería, lo que exagerará la pérdida. En el ejemplo descrito anteriormente, asumimos que el medidor de potencia midió -20 dBm para el establecimiento de referencia. Cuando no utilizamos una envoltura de mandril, el nivel de potencia realmente podría ser tan alto como -18 dBm con la misma fuente de alimentación. Ahora el cálculo de pérdida de rendimiento es de [-18 - (-23.4)] dB o 5,4 dB en lugar de 3,4 dB. En esencia, exageramos la pérdida en 2 dB. Este gran error se debe a que los modos de orden más altos y la luz que entra en el revestimiento no pueden viajar muy lejos en el enlace en pruebas.

Futuro método de control de la condición de emisión: En el momento de escribir este artículo, los comités de normalización están definiendo un método que mejora las condiciones de emisión hoy controladas por la MPD, el CPR y envolturas de mandril. El método propuesto se basa en el concepto de 'Flujo Restringido' (Encircled Flux, EF), que afina y controla los modos emitidos en el enlace en pruebas. Este método actualmente está todavía bajo estudio con el objetivo final de mejorar más la precisión y la coherencia de las medidas de potencia y las pruebas de pérdida en enlaces multimodo.

4. Pruebas de Verificación de Fibra

La prueba de verificación de fibra (incluida la inspección y limpieza del extremo) debe ser practicada continuamente como procedimiento operativo estándar. A lo largo de todo el proceso de instalación de cable y previo a la certificación, la pérdida de los segmentos de cableado debe medirse para garantizar la calidad de la ejecución del trabajo de instalación. Normalmente este tipo de prueba se lleva a cabo con un equipo de prueba LSPM. Las herramientas de verificación de fibra son normalmente menos costosas; también se pueden utilizar para solucionar enlaces problemáticos. Una inspección rápida de la pérdida del enlace extremo a extremo puede proporcionar la indicación de si es o no sospechoso el cable de fibra óptica o si otras funciones de red son la causa de la avería detectada.

Un LSPM determina la pérdida total de luz a lo largo de un enlace de fibra por medio de una fuente de luz conocida en un extremo de la fibra y un medidor de potencia en el otro. Pero antes de que pueda hacerse la prueba, como se ha descrito anteriormente, el nivel de potencia de referencia de la fuente se mide y se registra para establecer una línea de base para el cálculo de la pérdida de potencia. Después de establecer esta referencia, el medidor y la fuente se conectan a los lados opuestos del enlace de fibra que se va a probar.

La fuente emite una onda continua a la longitud de onda seleccionada. En el extremo lejano, el medidor de potencia mide el nivel de potencia óptica que está recibiendo y lo compara con el nivel de potencia de referencia para calcular la cantidad total de pérdida de luz **(Figura 17)**. Si esta pérdida total se encuentra dentro de los parámetros especificados para el enlace en pruebas, pasa la prueba.

Un presupuesto de pérdida debe estar bien definido para ser utilizado como punto de referencia durante la instalación de cableado. Si se realiza este tipo de verificación durante la instalación, cabe esperar que aumente el rendimiento y las pruebas de certificación irán mejor.

Los equipos de pruebas LSPM históricamente han sido más difíciles de utilizar, exigiendo cálculos manuales e interpretación subjetiva por un técnico experimentado. Sin embargo, los instrumentos más recientes han eliminado los lentos cálculos de pérdida al automatizar el proceso de comparación de las medidas de potencia con las referencias establecidas.

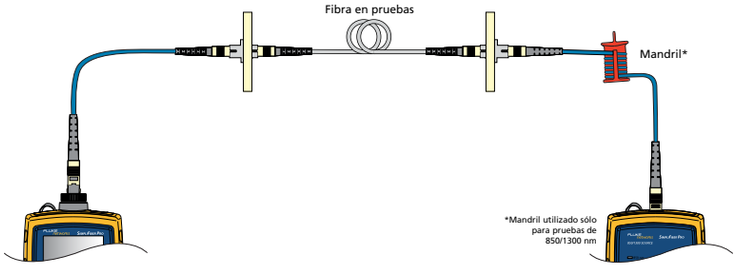


***Figura 17** – Llevando a cabo una prueba LSPM*

Debido a que la verificación sencilla y básica de la pérdida extremo a extremo usando un equipo LSPM no especifica dónde están las áreas problemáticas, hace los fallos difíciles de localizar. Incluso en casos donde la pérdida está dentro de un umbral especificado, el equipo LSPM no proporciona ninguna advertencia o indicación de donde puede encontrarse un defecto o problema. En otras palabras, aunque un enlace completo puede pasar, es posible que empalmes o conexiones individuales dentro de él puedan incumplir las especificaciones de la industria, creando un problema potencial en el futuro durante adiciones, movimientos o ambios donde múltiples conectores sucios pueden potencialmente agruparse dando como resultado un fallo. Un OTDR es la herramienta de prueba adecuada para indicar ubicaciones (conexiones) que tengan una gran pérdida o reflectancia.

5. Cómo Certificar Cableado de Fibra Óptica con OLTS y LSPM

Los estándares de la industria requieren pruebas con un LSPM o un OLTS para certificar que la pérdida de cada enlace cumple los estándares de rendimiento. Como se mencionó anteriormente, esto se conoce como Certificación "básica" o de Nivel 1.

Es una prueba a dos extremos que produce una medición absoluta de pérdida que, a continuación, se compara con los estándares de cableado de instalación y/o los estándares de aplicación de canal. El DTX CableAnalyzer y el OTDR OptiFiber de Fluke Networks pueden equiparse con módulos de prueba de fibra multimodo o monomodo opcionales que automatizan la mayoría de las pruebas y hacen la certificación 'básica' o de Nivel 1 muy fácil.

Tenga en cuenta que un OTDR también proporciona un resultado de pérdida para el enlace total, pero esta medida se basa en la energía de luz reflejada. Las normas exigen que la certificación básica se realice con un OLTS o un LSPM. Estos resultados de pérdida de enlace mediante el uso de una fuente de luz en un extremo y un medidor de luz en el extremo opuesto son más precisos si se ejecutan correctamente.

Se deben seguir los pasos siguientes para realizar una prueba de certificación básica de pérdida y longitud.

- Establecer límites Pasa/Falla de la prueba
- Elegir un método de prueba y establecer una referencia
- Ejecutar la prueba y guardar los resultados
- Exportar a LinkWare para gestionar y archivar los resultados de la prueba; LinkWare es un software gratuito de administración de datos de Fluke Networks popular y ampliamente utilizado, que permite crear informes impresos o electrónicos.

1. **Establecer los límites Pasa/Falla** de acuerdo con sus objetivos de certificación. En este ejemplo, estableceremos límites para la pérdida total admisible basados en un estándar de aplicación mediante el comprobador de la serie DTX de Fluke Networks equipado con los módulos de prueba de pérdida de fibra DTX-MFM2 (para multimodo). Si necesita certificar fibra monomodo use los módulos DTX-SFM2.

a. Una vez que se enciende el comprobador, gire el mando rotatorio hasta 'Setup' y seleccione 'Config. instrumentos' para introducir el nombre del operador, el nombre del trabajo, etc.

b. Seleccione 'Pérdida de Fibra' en la pantalla Setup, tal como se muestra en la Figura 18a. En esta pantalla de configuración, podrá elegir en un menú de estándares para seleccionar los límites correctos. Seleccione la opción de 'Límite de prueba' tal como se muestra en la Fig. 18b. Tenga en cuenta que el tipo de fibra seleccionado limita las opciones de límite de prueba. También se incluyen tipos de fibra populares en el menú del instrumento.

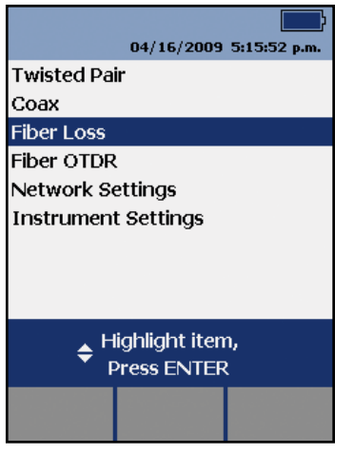


Figura 18a

Como se muestra en la Figura 18b, la misma pantalla de configuración le permite seleccionar la 'Conf. extremo remoto'. Cuando se utiliza el Remoto Inteligente DTX equipado con el módulo de prueba de fibra, seleccione 'Remoto inteligente' como hemos hecho en este ejemplo. En este modo, el comprobador mide automáticamente la longitud del enlace en pruebas. Por último, esta pantalla proporciona la opción de indicar al aparato si necesita comprobar el enlace en pruebas en ambas direcciones. Si este es el caso, recuerde no desconectar nunca los TRC de los módulos de prueba; intercambie siempre los TRC en la conexión con el enlace en pruebas.

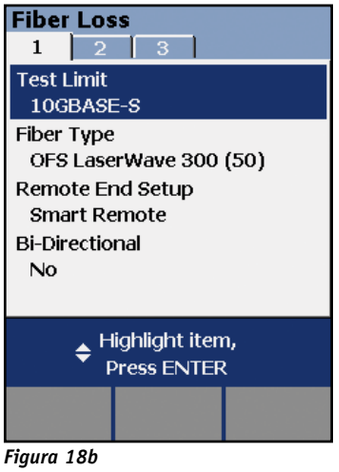


Figura 18b

2. Elegir un método de prueba y establecer una referencia.

Como se ha descrito anteriormente, el stablecimiento de una referencia es un aspecto fundamental de una prueba de pérdida para obtener resultados precisos. El medidor de potencia y la fuente de luz se conectan entre sí y el nivel de potencia es medido por el medidor de luz para establecer la 'referencia' para los cálculos de pérdida. Los pasos para establecer una referencia son los siguientes:

Paso A. Gire el mando rotatorio a 'Special Functions' y elija 'Asignar referencia'

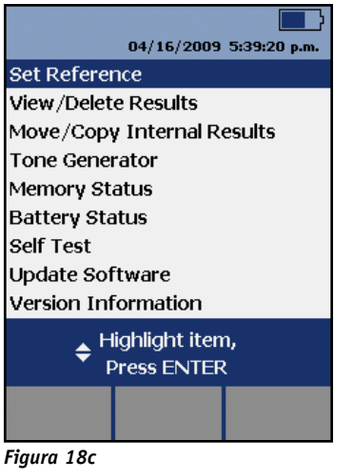


Figura 18c

Paso B. Ahora presione 'Enter' y conecte los TRCs entre principal y remoto, como se muestra en la pantalla y presione 'Test' para hacer la medición de referencia.

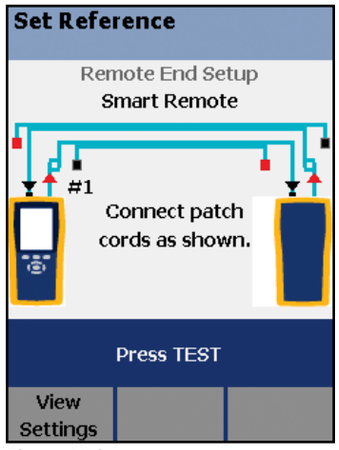


Figura 18d

En el capítulo 3 se mostró en las **Figuras 13** y **14** el método preferido de un latiguillo para el establecimiento de la referencia, denominado 'Método B' en el instrumento de prueba. Tenga en cuenta que con la serie DTX en la configuración Remoto Inteligente, vamos a comprobar las dos fibras que componen el enlace de transmisión en una prueba. Cada módulo de prueba de fibra está equipado con una fuente de luz y un medidor de luz. En la configuración, usaremos dos TRCs dúplex. Una fibra conectará el 'Output' o Salida (fuente de luz) en la unidad principal con el 'Input' o Entrada (medidor de luz) en la unidad remota. La segunda conecta el 'Output' en la unidad remota con el 'Input' en la unidad principal.

Nota especial: Los TRCs del DTX utilizan la siguiente convención para poder realizar conexiones de forma rápida y verificar la polaridad del enlace en pruebas: La luz entra en el latiguillo por el conector de funda roja: la luz sale del TRC por el conector de funda negra. Por lo tanto, un extremo del TRC tiene un conector con funda roja y el otro extremo del mismo latiguillo es un conector con funda negra. La luz viaja del rojo al negro. La pantalla del DTX muestra el color de los conectores **(Figura 18d)**.

La **Figura 18e** muestra una representación esquemática de esta configuración de referencia. Esta figura utiliza un color diferente para los dos latiguillos dúplex. Estos colores no se refieren a los latiguillos reales, sino que fueron escogidos para agregar claridad a la figura. El latiguillo amarillo conecta el 'Output' (fuente de luz) del módulo de fibra de la unidad principal con el 'Input' (medidor de luz) de la unidad remota. Uno de los latiguillos amarillos no se conecta en el establecimiento de la referencia. Uno de los de colores más oscuros realiza la conexión en la dirección opuesta. La **Figura 18e** también muestra la ubicación del mandril cerca del extremo con el conector con funda roja que debe estar conectado a la fuente de luz. Los latiguillos dúplex tienen un cable más largo con el conector con funda roja. Después de que este cable se ha enrollado alrededor del mandril, las longitudes de los dos latiguillos en la combinación dúplex son iguales.

Los puertos 'Output' o de salida de los módulos de fibra DTX tienen siempre conectores SC. Los adaptadores extraíbles para los puertos 'Input' o de entrada se elijen para que coincidan con los conectores finales del enlace en pruebas. El ejemplo de la Figura 18e representa un ejemplo en el que el enlace en pruebas está equipado con conectores LC.

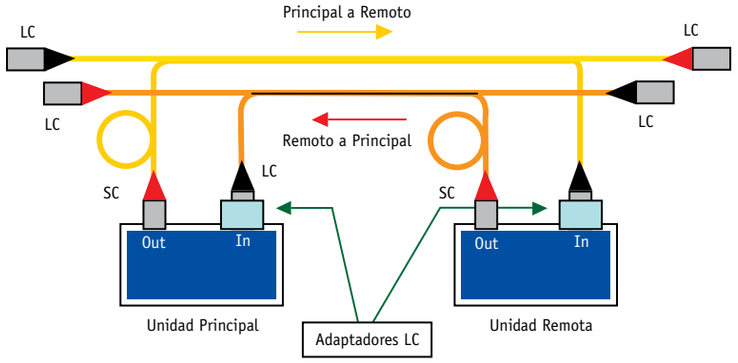


***Figura 18e** – Representación esquemática del establecimiento de la referencia con TRCs dúplex para un enlace en pruebas terminando con conectores LC. El anillo cerca del conector con funda roja indica la ubicación del mandril (para fibra multimodo).*

Paso C. Después de que el comprobador mida el nivel de potencia de referencia, muestra estos valores como se puede ver en la igura 18f. Si los valores de referencia son aceptables, presione la tecla F2 para almacenar estos valores y para continuar con la certificación del enlace.

i. Referencia aceptable con DTX-MFM o DTX-MFM2
   1. Nivel nominal de -20 dBm con LED de 62,5 µm
   2. Nivel nominal de -22 dBm con LED de 50 µm

ii. Referencia aceptable con DTX-GFM, DTX-SFM, DTX-GFM2 o DTX-SFM2
   1. Nivel nominal de -7dBm con VCSEL o láser

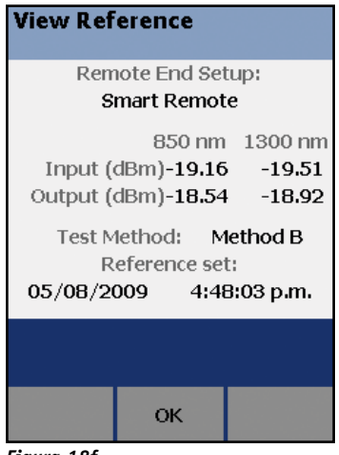


Figura 18f

Paso D. Ahora desconecte sus TRCs sólo en los puertos 'Input' y cree la conexión que se muestra en la pantalla **(Figura 18g)**. Desconecte los.conectores negros de los puertos de entrada y conecte los extremos no usados con los conectores negros en el conjunto de latiguillos dúplex al adaptador en el puerto de entrada de la unidad a la que se ha conectado la pareja dúplex. Ahora ha separado a las unidades principal y remota para que pueda conectar una unidad en cada extremo del enlace de fibra óptica a comprobar.

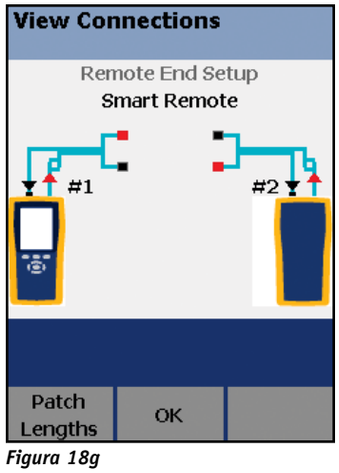


Figura 18g

Directrices para establecer una referencia

Si necesita comprobar un enlace para el cual Fluke Networks no hace o no puede ofrecer adaptadores como conectores MT-RJ, consulte el Apéndice 2 para examinar métodos alternativos para establecer la referencia.

- Use TRCs de alta calidad
- Limpie los extremos del TRC antes de establecer la referencia
- Deje que el comprobador se caliente hasta una temperatura interna estable (unos 10 minutos con diferencias entre temperatura ambiente y de almacenamiento de menos de 7°C)
- Usar el método preferido de referencia de un latiguillo
- Inserte el adaptador SC con conectores rojos en el transmisor (conexión OUT)
- No desenchufe el conector rojo (de la fuente) después de establecer la referencia
- Después de que se establezca la referencia, NO desconectar el TRC de la fuente de luz
- Para un enlace óptico multimodo, utilice el mandril adecuado
- La referencia debe ser restablecida cada vez que las unidades se apagan
- Asegúrese de mantener las condiciones de emisión exactas de la referencia

3. Ejecute un auto test

Seleccione "Auto test". El estándar de prueba que ha seleccionado para un Auto test determina los parámetros de prueba que se medirán y los criterios Pasa/Falla para cada prueba.

Polaridad. Cuando ejecute un Auto test con éxito mediante los módulos de fibra del DTX, será capaz de garantizar la polaridad.

- Conecte la funda negra del TRC a la fibra en el enlace en pruebas que está transmitiendo la luz y se pretende conectar este extremo del enlace con el transmisor del dispositivo de la red. (La luz deja el TRC por el conector negro; el extremo rojo de ese cable está conectado a la Salida del comprobador)
- Conecte la funda roja del TRC a la fibra en el enlace en pruebas que está recibiendo la luz del otro extremo del enlace.
- Cuando se establezcan las conexiones al enlace en pruebas, el instrumento emitirá "un tono feliz" que le permite saber si se ha establecido la polaridad.

Longitud. El comprobador mide la longitud además de la pérdida de enlace. Cuando se selecciona un estándar de aplicación durante la configuración, éste incluye la longitud máxima para la aplicación en función del índice de ancho de banda de la fibra utilizada en el enlace en pruebas. La **Tabla 3** proporciona una visión general de esta dependencia.

Asegúrese de que está utilizando el adaptador de prueba de fibra apropiado con un conector que coincida con el latiguillo de panel de fibra o el panel de interconexión.

Conecte los TRCs al enlace o canal a comprobar: repita el proceso que se explica en la **Figura 18g.**

Comprobación bidireccional. Si desea probar cada fibra en ambas direcciones, no olvide seleccionar esta opción en la pantalla de configuración (véase la Figura 18b). Cuando el comprobador le pregunta si desea realizar la conexión para probar en la segunda dirección, recuerde cambiar los TRC en el extremo del enlace. NO quite los TRCs de las conexiones del comprobador.

Resultados de la Prueba. Asegúrese de guardar los resultados antes de pasar a la siguiente fibra o de comprobar en la otra dirección. La **Figura 19** muestra las medidas detalladas de una fibra; tenga en cuenta que cada fibra se prueba en las dos longitudes de onda exigidas por el estándar de instalación.

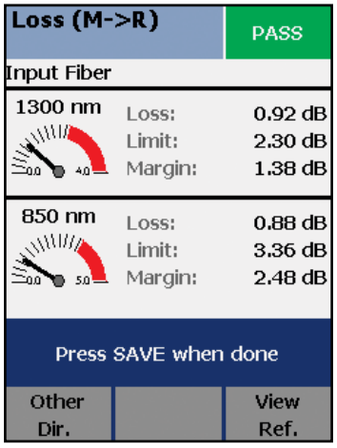


***Figura 19** – Resultados de prueba de pérdida para la fibra conectada al puerto de entrada en la unidad principal del comprobador. El resultado incluye la pérdida para ambas longitudes de onda multimodo (estándar de prueba de instalación)*

Los estándares de aplicación, por otra parte, sólo especifican el rendimiento para la longitud de onda de las aplicaciones. Por ejemplo, el estándar 10GBASE-S especifica los requisitos de enlace a 850 nm. El nombre fibra de "entrada" o fibra de "salida" en la pantalla de resultados de prueba del comprobador hace referencia al puerto de la unidad principal al que está conectada la fibra. El resultado que se muestra en la **Figura 19** se refiere a la fibra que está conectada al puerto de entrada en la unidad principal del comprobador. El título de la pantalla "Pérdida (R -> P)" que significa la Pérdida desde la unidad Remota a la unidad Principal también indica la fibra para la cual se muestra el resultado.

Una vez que haya comprobado todos los enlaces y guardado cada registro, se pueden descargar los resultados a un PC para ser administrados con software de Gestión de Resultados LinkWare. LinkWare le permite administrar e inspeccionar cualquier resultado de prueba almacenado en la pantalla del PC. También puede imprimir un Informe Resumen de Pruebas ('Sumario de Autotest') para el trabajo, así como un informe profesional para cada enlace comprobado. LinkWare le permite crear o enviar por correo electrónico informes en formato PDF.

6. Cómo Certificar Cableado de Fibra Óptica con un OTDR

Las normas TIA TSB 140 e ISO 14763-3 recomiendan la comprobación OTDR como una prueba complementaria para garantizar que la calidad de las instalaciones de fibra cumple con las especificaciones de componente. Los estándares no designan límites Pasa/Falla para esta prueba. Se recomienda que se consideren los requisitos genéricos de cableado para componentes y los criterios de diseño para el trabajo específico. Un OTDR puede utilizarse bidireccionalmente para pruebas de certificación como un comprobador con un único extremo con una fibra de recepción.

Qué necesita saber acerca de los OTDRs. Los OTDRs fueron originalmente equipos de laboratorio que eran difíciles de manejar y poco prácticos para su uso en campo. Eran grandes y pesados, y era complicado para técnicos inexpertos configurar una prueba y operar con precisión. Una vez que se realizaba una prueba, era difícil entender los resultados. Esto condujo a un estigma de miedo y confusión. Sin embargo, hoy en día muchos OTDRs nuevos son pequeños, ligeros y fáciles de usar. Un técnico común puede ahora solucionar problemas como un experto – pero una comprensión básica de cómo trabaja un OTDR es aún más provechoso.

- **Funcionamiento básico.** Un OTDR permite conocer pérdidas, reflectancias y ubicación de eventos. Envía pulsos de luz a una fibra y utiliza un fotodetector sensible para ver las reflexiones y trazarlas gráficamente en el tiempo. Para probar con precisión, se deben determinar y configurar las características de la fibra óptica antes de ejecutar la prueba.
- **Gráfico OTDR (trace)**. El OTDR dibuja la reflectancia y la pérdida en el tiempo mediante una "traza" gráfica de la fibra. Técnicos experimentados pueden "leer una traza" y explicarla. Por ejemplo, en el siguiente gráfico, una persona experimentada puede detectar que un lado de una conexión cruzada presenta una pérdida excesiva.

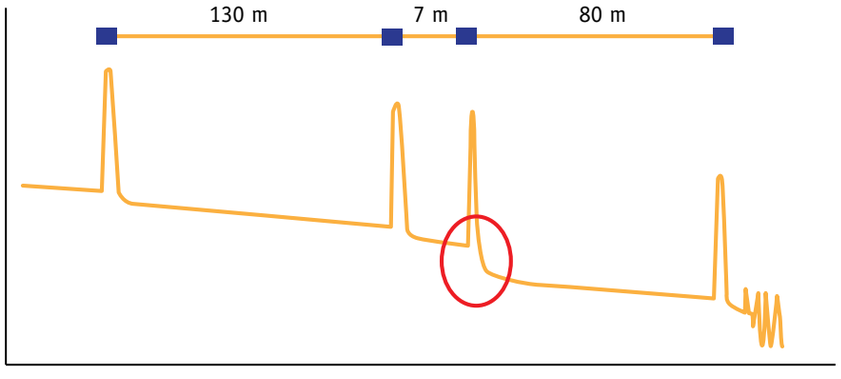
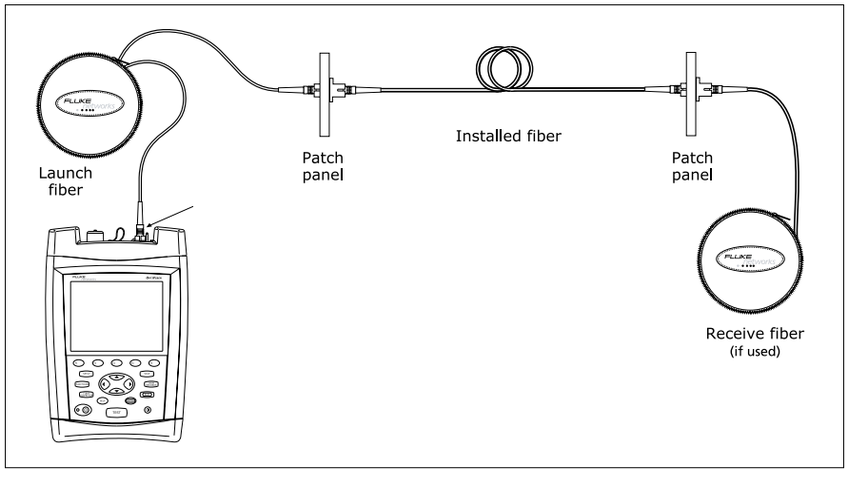


***Figura 20** – Ejemplo de gráfico OTDR con elevadas pérdidas en conector a 137m*

Software de análisis de eventos. Los últimos OTDRs ejecutan un software sofisticado que automatiza el análisis del gráfico y permite parámetros de configuración de prueba automáticos. Los OTDRs de Fluke Networks pueden elegir automáticamente los parámetros de configuración, que no sólo indican donde están los eventos (instancias de reflexión y pérdida) en el gráfico, sino que también indican cuáles son los eventos a la vez que califican cada uno de ellos.

- **Zona muerta**. Esto es la longitud de fibra más corta que puede detectar un OTDR. También puede ser descrito como la distancia después de un evento reflexivo, tras la cual se puede detectar otra reflexión. Todos los OTDRs tienen zonas muertas y deben utilizarse con una fibra de lanzamiento apropiada para que se pueda medir la primera conexión en el enlace.
- **Rango dinámico**. Determina la longitud de fibra que se puede comprobar Cuanto mayor sea el rango dinámico, mayor puede ser la fibra en pruebas. Hay un inconveniente, sin embargo; según aumenta el rango dinámico, se hace más ancho el pulso del OTDR – y como resultado, aumenta la zona muerta.
- **Fantasmas**. No tan espantosos como podría parecer, los fantasmas son causados por un eco debido a eventos altamente reflexivos en el enlace en pruebas. Los OTDRs de Fluke Networks identifican fantasmas en el gráfico y dicen donde está su origen para que pueda eliminarlos.
- **Ganancias.** Otro fenómeno incomprendido en un gráfico OTDR es la ganancia. En pocas palabras, la ganancia es una pérdida aparente negativa en un evento donde hay un cambio en el rendimiento óptico. Esto es generalmente debido a una falta de coincidencia entre el índice de refracción de dos fibras empalmadas o a la conexión de una fibra multimodo de 50µm con una fibra de 62.5µm. Este tipo de evento presenta a menudo una pérdida excesiva en la otra dirección.



Configuración de la Certificación OTDR

Configuración para Pruebas de Certificación de OTDR

Configuración: Gire el mando rotatorio hasta 'Setup' y seleccione 'Ajustes' en los menús de las cinco pantallas de configuración.

1. En primer lugar, seleccione el puerto que desea comprobar entre (multimodo o monomodo), lo que limita la prueba que quiera utilizar, el tipo de fibra y la longitud de onda deseada.
   - Es posible crear varios conjuntos de límites de prueba OTDR y seleccionar uno para un trabajo específico. Cada prueba OTDR pasa **(Figura 21)** o falla **(Figura 22)**, en base a una comparación contra el conjunto seleccionado de límites de prueba.

2. En la segunda pantalla de configuración, puede, a continuación, establecer una compensación de fibra de lanzamiento, designar desde que extremo se está comprobando y anotar cómo desea llamar a cada extremo de la fibra.

Uso de la Compensación de Fibra de Lanzamiento LFC

La compensación de fibra de lanzamiento (Launch Fiber Compensation, LFC) se utiliza para simplificar las pruebas y eliminar de las mediciones las pérdidas y longitudes de las fibras de lanzamiento y recepción.

- Muestra donde está la fibra de lanzamiento (y/o de recepción) en el gráfico, y la elimina de los resultados de prueba de certificación. Si es usted un contratista, sus clientes querrán saber donde está un evento en su planta de fibra, no donde está en su configuración de las pruebas. Cuando se habilita 'LFC', un conector que está a 50 m del panel de interconexión se mostrará a 50 metros, no a 150 metros sobre el gráfico. Sólo gire el mando rotatorio hasta 'Setup', vaya a la segunda ficha y active 'Compensación Fibra de Lanzamiento'. A continuación, gírelo de nuevo a 'Special Functions' y elija 'Estab. compens. fibra transm.'. Elija 'Sólo transmisora' sólo si únicamente utiliza una fibra de lanzamiento, u 'Otras opciones' si también va a utilizar una fibra de recepción.

3. En tercer lugar, defina las características de la fibra, o acepte de forma predeterminada la fibra seleccionada en el primer paso, o elija 'Definido por el usuario' y seleccione la Apertura numérica ('n') y el Coeficiente de retrodispersión ('Retrodisp.') para la fibra en pruebas.

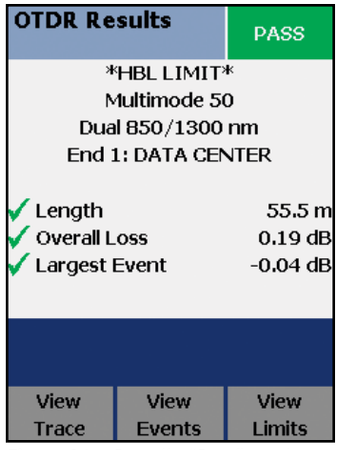


Figura 21 *– Pantalla "Pasa" en el OTDR Compacto del DTX*

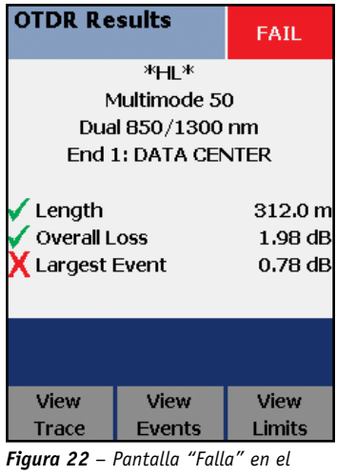


Figura 22 *– Pantalla "Falla" en el OTDR Compacto del DTX*

4. Ahora elija en el menú para establecer el Rango de distancia ('Rango') y el 'Tiempo promedio'.

5. Por último, elija en el menú para establecer el 'Ancho de pulso' y el 'Umbral de pérdida'.

   Con el OTDR Compacto del DTX, se pueden establecer automáticamente muchos ajustes tales como 'Rango de Distancia', 'Tiempo promedio', 'Ancho de pulso' y 'Umbral de pérdida'. Sólo gire el mando rotatorio hasta 'Auto test', y cuando presione el botón de prueba, el OTDR elegirá la configuración más adecuada para la fibra que está comprobando.

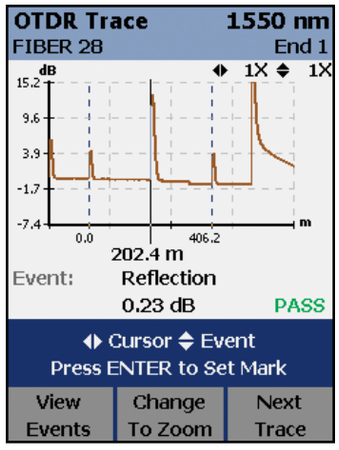


Figura 23 *– Captura de Pantalla de un Gráfico en el OTDR Compacto del DTX*

Ejecutando una prueba automática (Auto Test).

Ahora que está todo listo para la prueba, gire el dial a 'Auto test', conecte su fibra de lanzamiento y pulse 'Test'. Si pasa, pulse 'Save', dé nombre a la prueba, y pase a la siguiente fibra. Si desea ver el gráfico, presione la tecla F1. La tabla de eventos y los límites también son accesibles a través de las teclas en la pantalla principal.

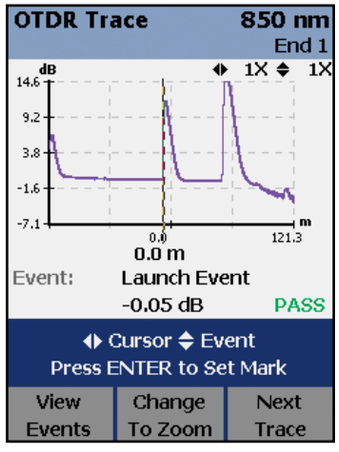


Figura 24 – *Captura de Pantalla de un Gráfico "Pasa" en el OTDR Compacto del DTX*

Resumen de la certificación extendida

- Los gráficos OTDR caracterizan los componentes individuales de un enlace de fibra: conectores, empalmes y otros eventos de pérdida. La certificación extendida compara los datos con las especificaciones para estos eventos para determinar si son aceptables
- Identifican errores que pueden ser invisibles para la certificación básica
- Evidencian que cada componente en un sistema de cableado de fibra óptica fue instalado correctamente

Al igual que con el primer nivel de comprobación, se pueden descargar los resultados a un PC y gestionarlos con el Software de Gestión de Resultados LinkWare. Es fácil combinar los resultados de la prueba OTDR con los otros registros si se utiliza la misma nomenclatura. La opción FiberInspector para el OptiFiber también permite intercalar imágenes del xtremo dentro de los mismos archivos para demostrar la limpieza y adjuntarlas para así generar informes profesionales que combinan todos los datos de prueba en un documento. Estos pueden ser fácilmente creados e impresos o enviados por correo electrónico en formato PDF.

Estrategia de pruebas de certificación de cable

Hay varias formas posibles de realizar una prueba de certificación completa de cableado de fibra óptica. Las normas son claras definiendo las pruebas obligatorias y opcionales, los límites de prueba y los equipos de prueba que se pueden utilizar. Pero no indican cómo deben realizarse las pruebas para una máxima eficacia en campo. Tras décadas de trabajo con contratistas, instaladores y técnicos, Fluke Networks ha desarrollado procedimientos probados con las mejores prácticas para realizar una certificación completa de fibra del modo más eficiente.

- Asegurarse de que los criterios de diseño y los límites de prueba están establecidos antes de la instalación
- Confirmar la correcta polaridad del hilo de fibra y las condiciones del extremo, y contrastar la pérdida con herramientas sencillas de verificación durante la instalación
- Realizar pruebas extendidas mediante la certificación de nivel 2 (análisis OTDR) como el primer paso de la certificación. De este modo:
  - Se garantiza que el rendimiento del conector cumple las normas genéricas de cableado o los requisitos del diseñador del sistema
  - Se califica la ejecución del trabajo de instalación del cableado
  - Se identifican problemas para su inmediata solución con el OTDR



Figura 25 *- Ejemplo de informe impreso del software de gestión de resultados Linkware*

- En segundo lugar, realizar las pruebas básicas de nivel 1 para el canal contra el estándar de aplicación. Se certifica la longitud y la pérdida del canal y se calcula el margen basado en el estándar
- Si no es necesaria la comprobación bidireccional, medir la pérdida de canal a la longitud de onda de la aplicación

7. Fallos Comunes

La alimentación insuficiente o las erturbaciones de señal resultantes de fallos comunes causan errores en la transmisión óptica.

Las conexiones de fibra óptica implican la transmisión de la luz de un núcleo de fibra a otro. Los núcleos de fibra son más pequeños que el diámetro de un cabello humano. Para minimizar la pérdida de potencia de señal, se requiere un buen acoplamiento de los dos extremos de fibra.

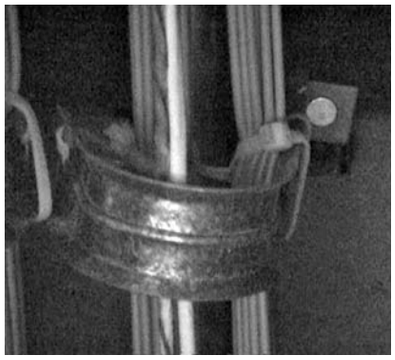


Figura 26 *– Ejemplo de una causa común de un fallo en fibra*

- **Conexiones de fibra contaminadas.** Principal causa de los de fallos de fibra como resultado de una mala limpieza en el conector. El polvo, las huellas dactilares u otra contaminación grasienta provocan pérdida excesiva y daños permanentes en los extremos del conector.
- **Demasiadas conexiones en un canal**. Simple, pero es importante tener en cuenta la pérdida total admisible (por el estándar de aplicación deseado) y la pérdida típica para el tipo de conector durante el proceso de diseño. Incluso si los conectores se terminan correctamente, si hay demasiados en un canal, la pérdida podrá exceder las especificaciones.
- **Desalineación**. La mejor manera de lograr una buena alineación de fibra es fusionar las dos fibras con una máquina de empalme de precisión. Pero por varias razones prácticas, la conexión de fibras a menudo se hace mecánicamente con conectores de fibra óptica. Hay muchos tipos de conector disponibles comercialmente y todos tienen sus ventajas y desventajas. Las especificaciones de pérdida típica son un buen indicio de que son capaces de alinear bien las fibras. Cualquiera de estas especificaciones usadas para comunicaciones de datos debe ser compatible con las normas FOCIS.
  - **Conectores de mala calidad o terminación defectuosa**. Los conectores de buena calidad tienen tolerancias muy ajustadas para mantener una alineación precisa
  - **Geometría del extremo**. El rendimiento de los conectores de fibra óptica es en gran medida una función de la geometría del extremo. Esta geometría puede medirse en un laboratorio con un interferómetro de precisión. En el campo, los siguientes parámetros se pueden obtener de las medidas de pérdida y reflectancia.
- **Rugosidad**. Arañazos, picaduras y astillas producen excesiva pérdida y reflectancia.
- **Radio de curvatura**. La superficie convexa del conector debería emparejarse bien con el otro conector.
- **Desplazamiento de vértice.** El núcleo de la fibra debe centrarse cerca del punto más alto del conector.
- **Altura de fibra**. Una fibra que sobresalga (poco pulida) no acopla bien y un conector cortado en exceso (demasiado pulido) se comportará mal debido a la presencia de un espacio con aire.

- **Conectores desajustados**. Un conector puede estar enchufado a un panel adaptador pero no estar ajustado y conectado con su pareja. Los culpables son a veces los mecanismos de enganche desgastados o dañados en los conectores o adaptadores
- **Deficiente manejo de los cables**. La tensión en un conector puede causar falta de alineación si se queda parcialmente retirado, roto o desconectado

- **Polaridad**. Tal vez el fallo de cableado de fibra más simple es invertir las fibras de transmisión y recepción. Normalmente es fácil de detectar y reparar. Pero a veces los conectores son dúplex y deben ser desmontados para invertirlos. Los estándares designan la polaridad con una convención de eti quetado que rara vez es aprovechada, provocando confusión.
  - La polaridad debe designarse con etiquetas A y B o con fundas coloreadas
  - A es para la transmisión y B para la recepción; O BIEN, rojo para transmisión y negro para recepción

El mal uso de los cables, el diseño del sistema, o un cable dañado también causan fallos en los sistemas de cableado de fibra. La fibra tiene una resistencia a la tracción muy alta, pero es susceptible al aplastamiento y la rotura si es maltratada.

- **Dobladuras**. Macro y microcurvaturas causados por bridas apretadas o violaciones del radio de curvatura dan como resultado una pérdida excesiva e inesperada.
- **Roturas**. La luz no se propaga más allá de una ubicación donde el vidrio es aplastado o quebrado en una fibra óptica.
- **Interferencia intersímbolo (Intersymbol interference, ISI)**. Señal Perturbada es un fallo que suele ser el resultado de un mediocre diseño del sistema. Un sistema que no es certificado con el estándar de aplicación en mente es susceptible a ISI
  - Dispersión modal por la violación de las limitaciones de distancia en fibras multimodo.
  - Reflexiones de conectores altamente reflexivos causando un incremento de errores de bit debido a la excesiva pérdida de retorno.

Conceptos básicos para la solución de problemas

- **Mantenerla limpia**. La suciedad es la mayor causa de fallo en conexiones y su comprobación es un reto en los procesos de pruebas. Limpie las fibras cada vez que se conecten. Puede verificar que las fibras están limpias utilizando instrumentos como el microscopio FiberInspector para examinar los extremos de fibra.
  - El polvo bloquea la transmisión de luz
  - La grasa del dedo reduce la transmisión de luz
  - La suciedad en los conectores de fibra se propaga a otras conexiones
  - Los extremos contaminados dificultan la comprobación
  - Recuerde inspeccionar los puertos de equipo, ya que los puertos de los equipos (routers, switches, NICs) también se ensucian
- **Utilizar la configuración de prueba correcta.** El estándar de prueba según las especificaciones le asegurará los resultados más precisos, coherentes, comprensibles y predecibles.
- Usar los mandriles de fibra recomendados para mejorar la precisión y repetitividad de la medida de pérdida.
- Siempre deben usarse TRCs de alta calidad y fibras de lanzamiento. Siempre se debe evitar el uso de latiguillos de prueba de calidad aleatoria o dudosa.
  - Todos los TRCs para pruebas de pérdida deben venir con buenos resultados de prueba
  - Los latiguillos de prueba deben indicar la polaridad – Los latiguillos de Fluke Networks presentan fundas rojas en el extremo por el que entra la luz y fundas negras en el extremo por el que sale la luz
  - Los latiguillos deben mantenerse limpios y sustituirse cuando muestran signos de desgaste
- Elegir límites de prueba adecuados tanto para los estándares de cableado genéricos como para los específicos de aplicación

8. Cómo Solucionar Fallos Comunes con un OTDR

Los OTDRs son la herramienta más potente de solución de problemas de cableado de fibra óptica. El uso inteligente de un OTDR puede eliminar la lenta solución de problemas mediante prueba y error.

Los beneficios de la solución de problemas con un OTDR incluyen:

- **Comprobación desde un extremo.** No se necesita colocar equipos de prueba en ambos extremos de un enlace de fibra óptica, haciendo más fácil la resolución de problemas
- **Localización precisa de fallos.** Los OTDRs pueden ver la ubicación de roturas, curvaturas excesivas o conectores sucios
- **La calificación de eventos conocidos tales como conectores y empalmes con sus ubicaciones** permite conocer su pérdida y reflectancia asociadas

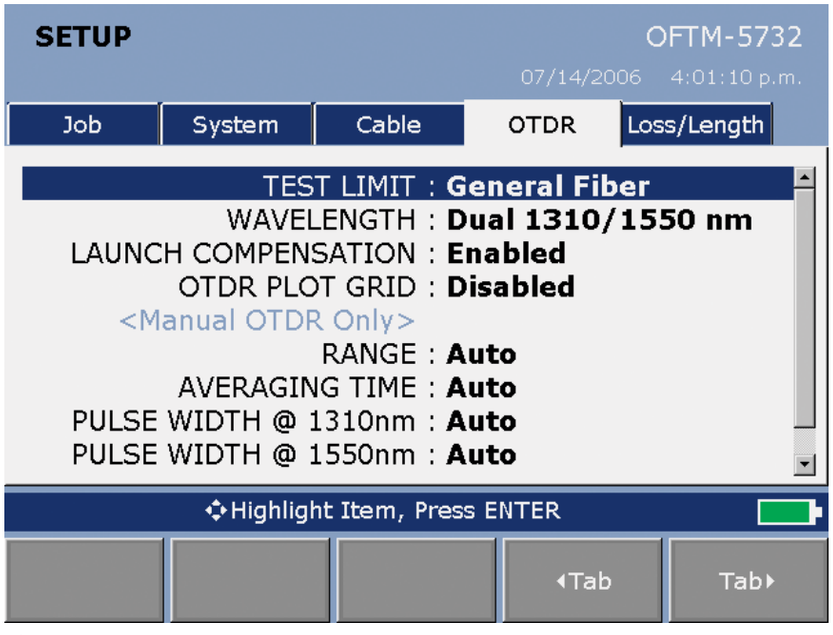


Figura 27

Encontrando fallos con un OTDR

1. Asegúrese que la optoelectrónica no está activa en los enlaces de fibra
2. Encienda el OTDR y conecte una fibra de lanzamiento limpia y de buena calidad (de al menos 100 m) en el puerto del OTDR
3. Conecte la fibra de lanzamiento a un extremo del canal (no olvide limpiar el extremo antes de conectarlo al comprobador)
4. Configurar el OTDR para las pruebas
   a. Elegir el tipo de fibra a comprobar y/o sus características en el menú de configuración
   b. Establecer un límite pasa/falla de 0,3 dB para conectores y 0,1 dB para empalmes
   c. Elegir 'Comprobación de Longitud de Onda Dual' en el menú de configuración del OTDR
   d. Establecer la compensación de fibra de lanzamiento para simplificar las pruebas fijando el final de la fibra de lanzamiento como punto de partida (cero metros) en el gráfico.
   e. Asegurarse de que el ancho de pulso, el tiempo promedio y el rango de distancia están fijados en 'Modo automático'.
   f. Ajustar el umbral de pérdida a 0,01 dB y elegir 'Comprobación de Longitud de Onda Dual'

5. Ejecutar 'Channelmap' para asegurarse de que el enlace es similar al que se cree que está conectado.

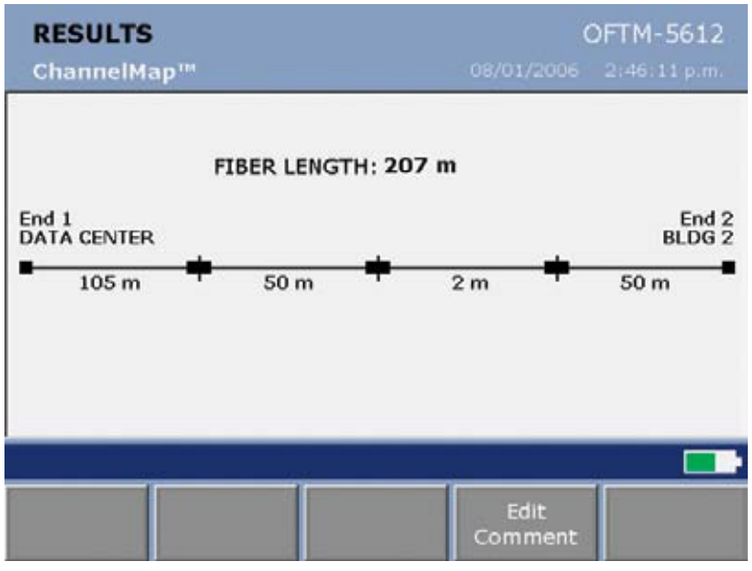


Figura 27a

   a. Si no puede ver superado el final de su fibra de lanzamiento, el problema es que el conector no se ha ajustado correctamente a la parte posterior del panel de interconexión
   b. Debería ver todos los conectores y segmentos de cableado que se esperaban. Si no es así, es que tiene una rotura o un cable desconectado

6. Una función avanzada del OTDR OptiFiber es 'Faultmap' (Figura 27b). 'Faultmap' utiliza el analizador de eventos para determinar la calidad de cada conexión sin ningún tipo de configuración o programación del usuario. Si 'Faultmap' identifica un conector como cuestionable, es esencial un análisis de mayor profundidad para garantizar un rendimiento del conector aceptable.

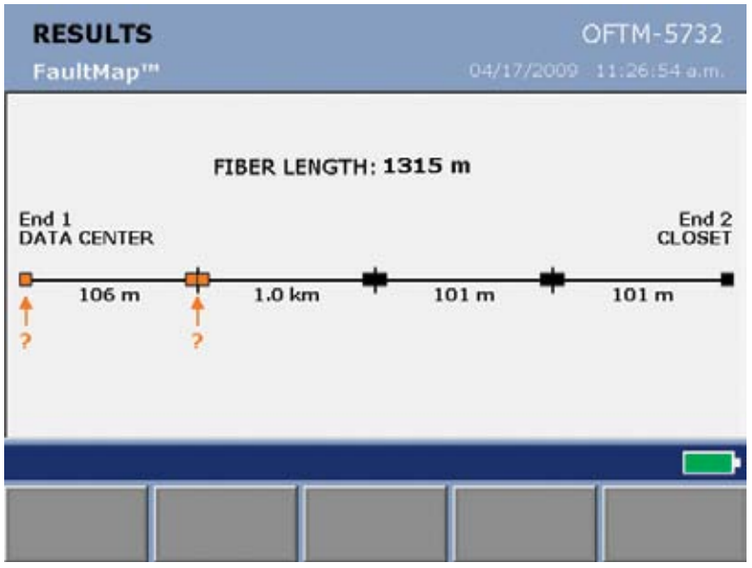


Figura 27b

7. Ahora debe cambiar a 'Auto test' y hacer un gráfico

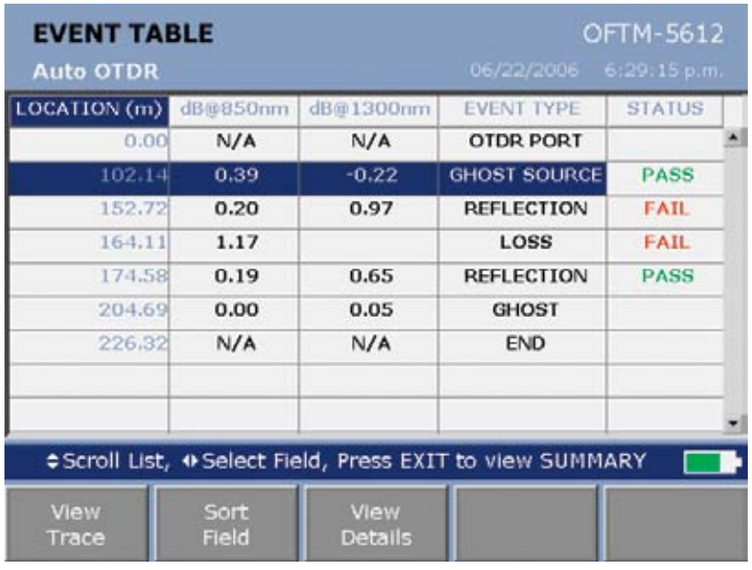


***Figura 27c** – Event Table on Fluke Networks' OptiFiber OTDR*

i. Si la pantalla dice que falló la prueba, mire el gráfico o la tabla de eventos para identificar donde está el evento de error para localizar e identificar el fallo.
ii. Si el final de la fibra está mucho más cercano de lo que debería estar, tiene una fibra rota en esa ubicación
iii. Puede utilizar un localizador visual de fallos o crear una macrocurvatura ejecutando un gráfico en tiempo real para localizar físicamente la rotura o el evento de error
iv. Pulse 'Siguiente Traza' para ver la misma fibra con una longitud de onda mayor. Esto a menudo magnificará los eventos débiles, ya que las longitudes de onda más altas son más susceptibles a ciertos tipos de pérdidas
v. Si tiene conectores que incumplen los límites y aparecen largas y profundas colas en el gráfico, probablemente tiene conectores sucios. Puede utilizar un FiberInspector para inspeccionar físicamente cada conector. ¡Asegúrese de tener un buen kit de limpieza!

b. Una vez que limpie y repare cualquier fallo, vuelva a comprobar el enlace. i. Si ahora pasa los límites de prueba, guarde los resultados y expórtelos a LinkWare para el mantenimiento de registros. Si tiene la opción Fiber- Inspector, ¡también puede guardar las imágenes del extremo de fibra limpio en el mismo informe!

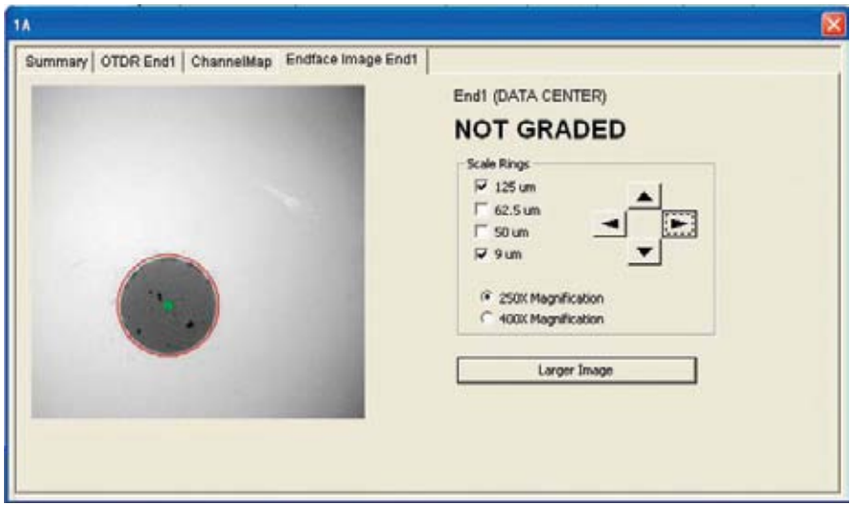


Figura 27d

ii. Si le gustaría hacer una comparación de antes y después, puede utilizar 'Superposición de Traza' para mostrarla

Note que con algunos conocimientos básicos de las pruebas, la solución efectiva de problemas de primera línea también puede hacerse con un kit LSPM. Por ejemplo, la verificación de polaridad básica puede llevarse a cabo mediante la función 'FindFiber' del Kit de Pruebas de Fibra SimpliFiber Pro. Esta misma capacidad también puede simplificar enormemente el proyecto de identificación de cable entre paneles de interconexión que normalmente requiere mucho tiempo y personal. Utilizando fuentes de ID Remotas FindFiber, un solo técnico puede completar pruebas extremo a extremo conectándolas a los puerto(s) que se van a probar antes de comprobar los puertos en el extremo lejano con el medidor de potencia SimpliFiber Pro para leer las señales de identificación únicas transmitidas por las fuentes FindFiber.

Al igual que un instrumento que prueba de un extremo a otro de una planta de fibra, el LSPM también puede utilizarse para restringir las conexiones cuestionables. Dejando una fuente de luz en un extremo, un técnico puede desmontar sistemáticamente un enlace desconectando cada componente en los conectores para inspeccionar y limpiar el extremo de fibra antes de comprobar la planta hasta ese punto. Si la medida de pérdida está dentro de las expectativas, se puede volver a conectar (después de inspeccionar y limpiar el extremo del enlace a emparejar, por supuesto) y repetir en la siguiente conexión a lo largo de la línea hasta que se identifique y se corrija la causa del problema.

Detectar las fluctuaciones intermitentes de alimentación es también un problema común que puede solucionar un LSPM. Ya se trate de un conmutador defectuoso o una conexión de mala calidad en el extremo de un conector, las fluctuaciones de energía son problemáticas pero difíciles de detectar y captar porque son muy fugaces. Sin embargo, la función 'Min/Max' en el medidor de potencia SimpliFiber Pro le ayuda a garantizar que la transmisión es estable en un enlace al automatizar el seguimiento de precisión de su nivel de potencia. Al proporcionar los límites superior e inferior de una medida de longitud de onda a lo largo de la duración de una sesión de pruebas, se alcanza una mayor visibilidad de donde puede estar cualquier punto de problemas.

9. Inspección y Limpieza del Extremo

Inspección

Una inspección adecuada ayuda en la detección de dos de las más comunes (y más fáciles de prevenir) causas de fallo: los extremos de fibra dañados y sucios.

El daño se produce en forma de astillas, arañazos, grietas y picaduras en el núcleo o revestimiento y puede ser el resultado de emparejar extremos contaminados. Dejar diminutos residuos externos en el núcleo también puede dañar los extremos durante el proceso de acoplamiento cuando se conectan juntos.

Las fuentes de contaminación están en todas partes, ya sea en un toque de un dedo o un hilo del tejido de una prenda de vestir, en el omnipresente polvo o en partículas cargadas con electricidad estática en el aire. Los puertos también están sujetos a la misma contaminación, pero a menudo se pasan por alto. Acoplar un conector limpio con un puerto sucio no sólo contamina el conector previamente limpio, sino que también puede provocar daños o fallos en la fibra. Incluso las cubiertas protectoras o "tapones antipolvo" en conectores y montajes recién desembalados pueden causar contaminación debido a la naturaleza del proceso de producción y los materiales.

El supuesto típico es que una rápida comprobación visual de los extremos es suficiente para verificar la limpieza. Como se mencionó anteriormente, los núcleos de estas fibras son extremadamente pequeños, yendo desde unos 9µm a 62,5µm. Puesto en perspectiva, con un diámetro de 90µm, ¡el cabello humano medio es en cualquier caso de 1,5 a 9 veces más grande! Con un tamaño tan pequeño del núcleo, es imposible reparar en cualquier defecto de la terminación sin la ayuda de un microscopio.



Figura 28 – *Microscopio óptico*

Existen dos tipos de microscopios de inspección de fibra:

- **Ópticos (Figura 28)** – en forma de tubo y compacto, permiten inspeccionar directamente los extremos. Populares porque son baratos; sin embargo, no son capaces de ver extremos dentro de equipos o a través de paneles.
- **De vídeo (Figura 29)** – pequeña sonda óptica conectada a una pantalla de mano. El tamaño de la sonda la hace idónea para examinar puertos que están en lugares de difícil acceso; su gran pantalla permite una fácil identificación de defectos del extremo. También son más seguros ya que muestran una imagen y no el extremo real observado, reduciendo el riesgo de exposición del ojo a radiaciones nocivas.



Figura 29 – *Microscopio de vídeo*

En el contexto de la inspección de fibra óptica – que muestra al usuario lo que el ojo no ve, el principal atributo deseado es la capacidad de detección – básicamente el menor tamaño de objeto que puede detectar.

Limpieza

Limpiar correctamente los extremos puede realmente "añadir" hasta 1,39 dB a su presupuesto de pérdidas **(Figura 30)**. En otras palabras, si tiene una planta de fibra con una pérdida total de 5,0 dB y un presupuesto especificado de 4,5 dB, limpiar los extremos sucios puede ayudar a reducir la pérdida de enlace hasta poco más de 3,6 dB, proporcionando un "Pasa" y un abundante margen. Por consiguiente, es importante elegir sus herramientas y métodos de limpieza de forma cuidadosa, evitando los malos hábitos practicados habitualmente. Quizás el error más típico es aplicar aire a presión a los puertos o conectores de fibra. Aunque es útil para desplazar grandes partículas de polvo, es ineficaz con grasas, residuos o pequeñas partículas cargadas estáticamente que son igualmente perjudiciales como causa de errores.

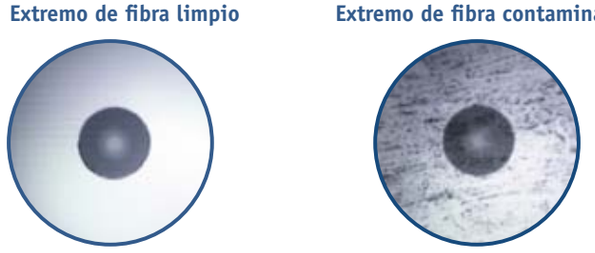


Figura 30 – *Comparación entre un extremo de fibra limpio y sucio*

Se produce el mismo problema cuando se utilizan las mangas de la camisa o paños "limpios" para limpiar conectores; de hecho, los restos de pelusa y la estática, que atrae el polvo, procedentes del uso de tales materiales, probablemente se agreguen a la contaminación, en lugar de reducirla. Incluso el alcohol isopropílico (isopropyl alcohol, IPA), que históricamente ha sido visto como un disolvente aceptable, está comprobado que es inferior a soluciones especialmente formuladas. La incapacidad del API para disolver compuestos no iónicos como los lubricantes de tracción y los geles de relleno, y su proceso de evaporación, que deja residuos, hacen de los disolventes especializados la mejor elección. Cuando se utilizan estos disolventes, el orden de limpieza adecuado es "de húmedo a seco" utilizando toallitas limpias, sin pelusa **(Figura 31).**



Figura 31 – *Metodología de limpieza "de húmedo a seco". Aplicar una cantidad mínima de disolvente en el borde de una toallita. Manteniendo el extremo del conector perpendicularmente, frote el extremo desde el punto húmedo a la zona seca*

Los tipos de recursos de limpieza varían en complejidad y precio, yendo desde las simples toallitas hasta dispositivos que incorporan ultrasonidos con agua. La herramienta que se utilice dependerá de la necesidad y el presupuesto, pero para la mayoría de los trabajos y proyectos de cableado, la combinación de toallitas sin pelusa y lápices con disolventes especializados que se encuentran en los actuales kits de inspección, certificación y limpieza de fibra será suficiente.

10. Conclusión

La instalación de cableado es un proceso de varios pasos. Es una práctica prudente certificar el sistema de cableado después de la instalación para asegurarse de que todos los enlaces instalados cumplan con su nivel esperado de rendimiento. La certificación identificará apropiadamente algunos errores o resultados marginalmente satisfactorios. Para poder ofrecer un sistema de cableado de alta calidad, los defectos que causan los fallos y aprobados marginales deben ser descubiertos y corregidos.

Las herramientas de certificación Fluke Networks (Apéndice 1) tiene una historia sin precedentes en la prestación de una asistencia de diagnóstico única y potente a los técnicos de la instalación. Al conocer la naturaleza de los fallos típicos y cómo los diagnósticos del comprobador informan de éstos, se puede reducir significativamente el tiempo para corregir una anomalía, un error de instalación o un componente defectuoso. El personal responsable de la operación de la red también puede beneficiarse de las funciones de diagnóstico de una herramienta de prueba de certificación; con la asistencia del comprobador, pueden limitar la duración del tiempo de caída de la red y restaurar rápidamente el servicio.

Recomendamos que se familiarice minuciosamente con las capacidades de su herramienta de prueba – es verdaderamente una modesta inversión que se amortiza muchas veces. Además de sus instrumentos de precisión, Fluke Networks también ofrece una amplia variedad de opciones de soporte expertas y oportunas. Ya se trate de un instalador, un propietario de red o un contratista, están disponibles los siguientes recursos:

Documentos y artículos de la Base de Conocimientos – estudios profundos y consejos útiles sobre temas relevantes de cableado estructurado
Asistencia técnica del altamente cualificado Centro de Asistencia Técnica (Technical Assistance Center, TAC) de Fluke Networks

- **Clases de Formación de Técnicos de Pruebas Certificados** (Certified Test Technician Training, CCTT) disponibles por todo el mundo
- **Programa de Asistencia Gold** – mantenimiento y asistencia técnica integral, incluida prioridad de reparación con préstamo, calibración anual y prioridad de soporte TAC con cobertura fuera de horas y fines de semana

11. Glosario

Pruebas de certificación – el proceso de comprobar el rendimiento de transmisión de un sistema de cableado instalado con un estándar especificado; requiere un OLTS para la certificación de “Nivel 1” y un OTDR para la certificación de “Nivel 2”

Canal – medio de transmisión extremo a extremo entre un transmisor y receptor

dB – unidad logarítmica de medida utilizada para expresar la magnitud de potencia relativa a un nivel de referencia específico o implícito; generalmente asociada con la pérdida

dBm – nivel de potencia expresado como el logaritmo de la proporción relativa a un milivatio

FiberInspector – Línea popular de instrumentos de mano de Fluke Networks para inspección de extremos de fibra y puertos de panel, que van desde microscopios de tubo hasta los de vídeo

Gbps – Gigabits por segundo

Latiguillo de fibra de lanzamiento – tramo de fibra colocado entre el segmento de enlace en pruebas y el OTDR para mejorar la capacidad del OTDR de calificar el conector del extremo cercano y cualquier anomalía en la primera conexión. También conocido como bobina de lanzamiento.

LED – Light Emitting Diode o diodo emisor de luz, una fuente de luz de relativamente baja intensidad

Enlace – el cableado físico para una transmisión

Mbps – megabits por segundo

OLTS – Optical Loss Test Set o equipo de pruebas de pérdida óptica, un instrumento de certificación básica de “Nivel 1” que mide la pérdida de un enlace en toda su longitud

LSPM – Light Source Power Meter, o fuente de luz y medidor de potencia, instrumento básico de verificación de fibra compuesto por un medidor de potencia y una fuente para medir la pérdida en un enlace

TRC – Test Reference Cord, o latiguillo de referencia de pruebas, un latiguillo de fibra de alta calidad de entre 1 y 3 metros con conectores de alto rendimiento, idealmente con extremos con superficies especiales reforzadas resistentes a arañazos que permitan numerosas inserciones sin degradación del rendimiento de pérdida

VCSEL – Vertical Cavity Surface Emitting Laser, o láser de emisión superficial de cavidad vertical, se utiliza habitualmente en fuentes de luz multimodo

Pruebas de verificación – el proceso de comprobar el rendimiento de transmisión de un sistema de cableado instalado para garantizar que cumple un umbral mínimo

VFL – Visual Fault Locator, o localizador visual de fallos, fuente óptica que transmite un láser de baja potencia para identificar roturas en enlaces de fibra

Apéndice 1 – Instrumentos de Pruebas de Fibra y Solución de Problemas de Fluke Networks

	Verificación		Solución de Problemas			Certificación		
	Comprobar la conectividad	Comprobar la polaridad	Verificar la pérdida en todo el enlace para no rebasar el presupuesto de pérdida	Check for fiber Comprobar la contaminación* o daño del extremo de fibra	Limpiar la contaminación	Encontrar fallos	Básica (Nivel 1)	Extendida (Nivel 2)
Suministros de Limpieza de Fibra Especializada 					✓			
VisiFault VFL 						✓		
FindFiber Remote ID 	✓	✓						
Kit de Pruebas de Pérdida Óptica SimpliFiber Pro 	✓	✓	✓					
CertiFiber OLTS 			✓	✓			✓	
Microscopio de Vídeo FiberInspector 				✓				
Serie DTX con Módulo de Fibra 							✓	
OTDR Compacto del DTX 								✓
OptiFiber OTDR 				✓		✓		✓

Apéndice 2 –Métodos de Referencia de Pruebas

Se ha revisado la teoría de la pruebas de pérdida de enlace para enlaces de fibra óptica en 'Requisitos de proceso y equipamiento', bajo la sección 'Certificación de Cableado' del Capítulo 3, 'Teoría de Pruebas – Rendimiento del Cableado de Fibra Óptica'. La medición de la pérdida de un enlace de fibra óptica instalado se deriva de dos mediciones de potencia. La "medición de referencia de prueba" establece el nivel de potencia "sin pérdida" contra el que la herramienta de prueba compara la potencia a través del enlace en pruebas. La diferencia entre estos dos niveles de potencia da como resultado la pérdida del enlace en pruebas. Hemos señalado que es crítico que la medición de la pérdida se ejecute con la misma fuente y las condiciones de emisión de luz que se usaron en la medición de referencia.

Muchos estándares recomiendan la medición de referencia de prueba de un latiguillo para instalaciones de cableado de fibra óptica en edificios. Longitudes relativamente cortas y conexiones múltiples caracterizan los sistemas de cableado de empresa dentro de un edificio o campus. Los enlaces de acceso o de larga distancia de fibra óptica pueden tener sólo un conector en ambos extremos del enlace, que puede ser cientos de veces más largos que los enlaces de cableado de empresa más largos. Es muy importante que la prueba del sistema de cableado de empresa dé cuenta correctamente y con precisión de la contribución de la pérdida de todas las conexiones. La evaluación de los diferentes métodos para establecer la referencia de prueba se desarrolla en primer lugar en torno a la manera en que estos métodos dan la información de los dos conectores finales del segmento de enlace en pruebas. Cada uno de los métodos de referencia de prueba que revisaremos trata cualquier conexión o empalme entre las conexiones finales del enlace en pruebas de la misma manera. La **Tabla 2** demuestra que para un simple segmento de 300 m con una conexión de final en cada extremo, la pérdida admisible en estas conexiones finales representa 1,5 dB de un presupuesto (límite máximo de pérdida) de 2,55 dB. Se trata del 59% del presupuesto de pérdida de enlace.

El método de un latiguillo

Consulte las explicaciones de la **Figura 13** y la **Figura 14**. Las pérdidas en cada una de las dos conexiones finales del enlace en pruebas están incluidas completamente y de forma precisa. Lo más crítico del método de un latiguillo de referencia son dos aspectos:

a. Los conectores en la herramienta de prueba deben coincidir con los conectores del extremo del enlace en pruebas.
b. Hay que añadir un segundo latiguillo de referencia de prueba para conectar el medidor de potencia en el otro extremo del enlace; su calidad y rendimiento pueden ser desconocidos.

Fluke Networks se ha ocupado de estos aspectos críticos de varias formas.

1. Los módulos de prueba de fibra de la serie DTX, así como otras herramientas de prueba LSPM de reciente aparición como el SimpliFiber Pro, ofrecen adaptadores intercambiables para el medidor de potencia. Los comprobadores normalmente incluyen como equipo estándar el conector SC con adaptadores opcionales y latiguillos de referencia de prueba disponibles para probar los sistemas de conector ST, LC o FC con el método de prueba preferido de un latiguillo.

2. Todos los TRCs se fabrican con las mismas exigentes especificaciones con extremos que han sido reforzados usando un método patentado para proporcionar latiguillos resistentes a arañazos y duraderos con una geometría óptima para el acoplamiento de luz. Los límites globales de pérdida de estos TRCs son de 0,1 dB.

En el caso de los módulos de prueba de fibra de la serie DTX, los TRCs se implementan como latiguillos dúplex. El TRC añadido, por lo tanto, está ligado y es de igual calidad y rendimiento que el latiguillo utilizado para establecer la referencia. El hecho de que el TRC añadido esté ligado asegura que un latiguillo de alta calidad esté fácilmente disponible para los técnicos de prueba en campo.

Por supuesto, hay sistemas de conector para los que no se puede adoptar el método de referencia de prueba de un latiguillo. El ejemplo más frecuente es el tipo de conector MT-RJ. En primer lugar explicaremos el método de dos latiguillos y seguiremos esa sección con una adaptación del método de dos latiguillos que llamaremos el "método modificado de un latiguillo" porque cumple el requisito de dar cuenta correctamente y con precisión de las pérdidas en las conexiones finales del segmento de enlaces en pruebas.

El método de dos latiguillos

La **Figura A2-1** muestra las conexiones para la medición de referencia de dos latiguillos. La fuente de luz está conectada al latiguillo de referencia de prueba TRC1 mientras el medidor de potencia está conectado a un latiguillo de referencia de prueba similar TRC2. Para la medición de referencia, los dos TRCs se conectan con el adaptador de referencia apropiado (CR1). Recomendamos utilizar adaptadores fabricados para aplicaciones monomodo, ya que estos adaptadores se fabrican con especificaciones mecánicas más exigentes que garantizan una mejor y más repetible alineación de los núcleos de fibra.

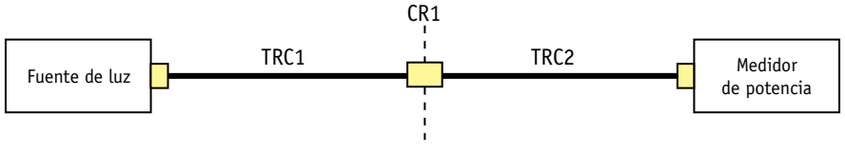


Figura A2-1 *Método de referencia de dos latiguillos – la medición de referencia de pérdida óptica capta la pérdida de la conexión entre el latiguillo de referencia de prueba 1 (TRC1) y la fuente de luz, la pérdida de TRC1, la pérdida de la conexión de referencia CR1, la pérdida de TRC2 y la pérdida de la conexión entre TRC2 y el medidor de potencia.*

Repetiremos el análisis de la medición de potencia de referencia como hicimos en nuestro análisis de la medición de referencia de un latiguillo ilustrada en la **Figura 13**. Merece la pena destacar una vez más la importancia de las condiciones de emisión de la fuente de luz en el TRC1. No hemos mostrado el mandril pero la instalación y uso del mandril adecuado es obligatorio para obtener resultados fiables y repetibles. Nuestro análisis sigue la ruta de la luz desde la fuente de luz hasta el medidor de potencia.

El acoplamiento de la energía luminosa de la fuente de luz en el TRC1 se verá afectada por el estado de la conexión entre el instrumento de prueba y el TRC1. Éste no tiene que ser perfecto y no es necesario conocer en detalle su condición mientras permanezca estable durante la duración de la prueba. Por lo tanto, no modifique en modo alguno la conexión entre TRC1 y la fuente de luz. Se produce una pérdida sin importancia en cada uno de los TRCs de reducida longitud; recuerde que la pérdida típica para la longitud de onda de 850 nm es aproximadamente 0,0035 dB por metro. Para la longitud de onda de 1300 nm, esta pérdida es de 0,0015 dB. Suponiendo que no se maltratan los TRCs, la pérdida en la fibra no cambia mientras se prueban los enlaces en la red. Se produce una pérdida en el adaptador CR1 entre los dos latiguillos de referencia de prueba. Analizaremos su influencia en un momento. También hay cierta pérdida en el acoplamiento de TRC2 en el medidor de potencia. Mediante este método, no vamos a tener que tocar este acoplamiento cuando nos conectemos al segmento de enlace en pruebas. Consulte la **Figura A2-2** que muestra las conexiones para la prueba de pérdida del segmento de enlace.

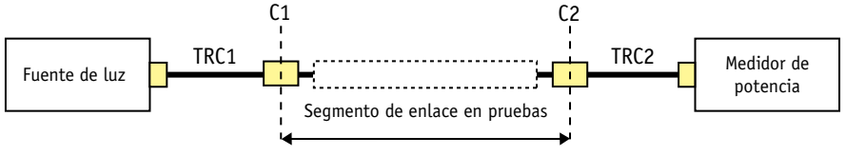


Figura A2-2 *Medición de pérdida óptica en el método de dos latiguillos – La "diferencia" entre el nivel de potencia de referencia y el nivel de potencia de la prueba de pérdida es la potencia perdida en el enlace en pruebas, en la conexión C2 y la diferencia en la pérdida entre CR1 (conexión de referencia) y C1. Esta diferencia puede variar; la pérdida total en la conexión C1 no está incluida en el resultado de la prueba de pérdida de enlace.*

Ahora examinaremos la diferencia en la pérdida de luz entre la medición de referencia y la medición de enlace para garantizar que esta diferencia representa con precisión la pérdida en el segmento de enlace en pruebas. La diferencia recoge completamente el segmento de enlace en pruebas y la conexión C2 pero no la C1. La medición de referencia incluye la pérdida del conector CR1. Durante la medición del enlace, medimos la diferencia entre la conexión de referencia CR1 y la conexión C1. Esta diferencia no es igual a la pérdida en la conexión C1, y no puede ser conocida o prevista. El método de medición de la pérdida de dos latiguillos no evalúa plenamente el segmento de enlace y las dos conexiones en sus extremos.

Si está comprobando con un estándar de aplicación, el resultado es suficientemente bajo con 0,5 dB – más o menos. Esto no es aceptable cuando los límites de pérdida se encuentran en el rango de 2,6 a 3,5 dB. Una diferencia de 0,5 dB representa un error del 25% o del 14%.

Si se ha seleccionado un estándar de prueba de instalación, este método puede ajustarse un poco asegurando que se excluye la conexión C1 del número de conexiones en el enlace. El cálculo del límite de prueba excluye así la pérdida asignada a una conexión. Dijimos 'un poco' porque la ventaja de la medición de la pérdida LSPM se basa en el hecho de que la contribución de cada elemento se tiene en cuenta con precisión.

El método "modificado de un latiguillo"

Podemos ajustar el error en el método de dos latiguillos mediante la adición de un TRC en la medición de la pérdida de enlace como el que se muestra como TRC3 en la Figura A2-4. La medición de referencia para este método es idéntica a la del método de dos latiguillo que acabamos de ver, como se muestra en la **Figura A2-3**.

Hemos coloreado las conexiones en las Figuras A2-3 y A2-4 para mostrar que los conectores en las herramientas de prueba y en el extremo del enlace en pruebas no necesitan ser del mismo tipo. Fluke Networks recomienda este método para un tipo de conector como el MT-RJ para el que no se puede utilizar el método de un latiguillo "verdadero". Estos TRCs son latiguillos híbridos, lo que significa que están terminados con conectores diferentes en cada extremo. El TRC3 para la aplicación MT-RJ debe tener instaladas patillas de alineación para emparejarse correctamente con las dos conexiones estándar. Hay disponible un kit de TRC MT-RJ de Fluke Networks. Recuerde que los adaptadores extraíbles en el medidor de potencia ofrecen el método preferido a utilizar, el verdadero método de un latiguillo, cuando esta alternativa está disponible.

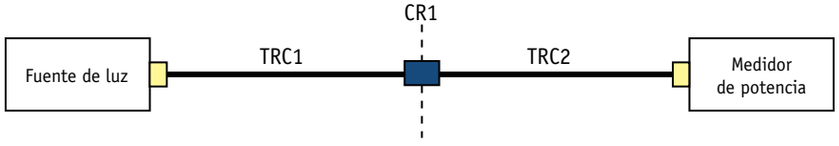


Figura A2-3 – *El método de referencia "modificado de un latiguillo" utiliza exactamente el mismo método de referencia que el método de referencia de dos latiguillos. Tenga en cuenta que los TRCs son latiguillos híbridos terminados en un extremo con un conector que coincide con el equipo de prueba y en el otro extremo con un conector que coincide con el enlace en pruebas. La figura pone de relieve los diferentes tipos de conector mediante el uso de diferentes colores.*

El análisis de las pérdidas a través de la configuración que se muestra en la Figura A2-4 demuestra que la pérdida en la conexión C1 está totalmente contabilizada, así como la pérdida en el enlace en pruebas y en la conexión C2. Tam49 bién medimos la pérdida del TRC3 – el TRC añadido – y la diferencia de pérdida entre las conexiones CR1 y CR2. La pérdida del TRC3 de un metro es pequeña (con luz a 850 nm esta pérdida es de 0,0035 dB). La diferencia entre las dos conexiones de referencia es menor de 0,05 dB – la mitad de la especificación de pérdida total para latiguillos de referencia. El error observado o la incertidumbre de medición del método de dos latiguillos se ha reducido aproximadamente a 1/10 mediante el método "modificado de un latiguillo".

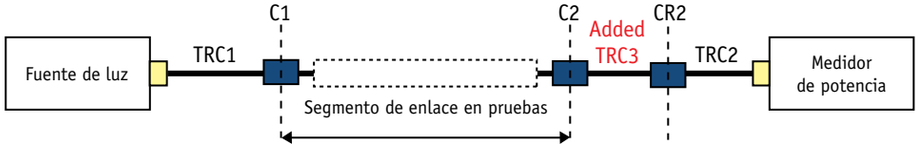


Figura A2-4 *–La medición de pérdida óptica del método "modificado de un latiguillo" – La "diferencia" entre el nivel de potencia de referencia y el nivel de potencia de la prueba de pérdida es la potencia perdida en el enlace en pruebas, las conexiones C1 y C2, el TRC3 añadido y la diferencia entre la pérdida en CR1 y en CR2 (dos conexiones de referencia).*

El método de tres latiguillos

El estándar ISO/IEC 14763-3 hace hincapié en el método de tres latiguillos como un método genérico que se puede aplicar independientemente del tipo de conectores utilizados en los extremos del enlace en pruebas o en el equipo de pruebas. La **Figura A2-5** muestra la conexión de referencia. Como indica el nombre de este método, utiliza tres TRCs para realizar la conexión para la medición de referencia. A continuación, se elimina el TRC intermedio (TRC3 en la **Figura A2-5**) y se "reemplaza" este TRC con el enlace en pruebas como se muestra en la **Figura A2-6**. "Reemplazar" significa que se mueve la fuente de luz con el TRC1 conectado a un extremo del segmento de enlace en pruebas y se mueve el medidor de potencia con el TRC2 conectado al extremo opuesto del segmento de enlace en pruebas.

La medición de referencia de pérdida óptica capta la pérdida en la conexión del Latiguillo de Referencia de Prueba 1 (TRC1) y la Fuente de Luz, la pérdida en TRC1, TRC2 y TRC3, la pérdida en las conexiones de referencia CR1 y CR2 y la pérdida en la conexión entre TRC2 y el Medidor de Potencia.

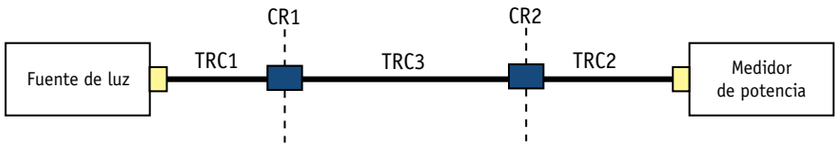


Figura A2-5 *–Método de referencia de tres latiguillos – La medición de referencia de pérdida óptica capta la pérdida en la conexión del Latiguillo de Referencia de Prueba 1 (TRC1) y la Fuente de Luz, la pérdida en TRC1, TRC2 y TRC3, la pérdida en las conexiones de referencia CR1 y CR2 y la pérdida en la conexión entre TRC2 y el Medidor de Potencia*

El análisis de las pérdidas para la medición de enlace que se muestra en la Figura A2-6 demestra que las pérdidas en el enlace en pruebas están totalmente incluidas ya que estamos midiendo la diferencia de pérdida entre CR1 y C1 y la diferencia entre C2 y CR2 en lugar de las pérdidas completas en C1 y C2. La pérdida dentro del segmento de enlace en pruebas consiste en la suma de la pérdida en la fibra, en las conexiones internas, y en empalmes si están presentes. No se incluye en los resultados de medición la pérdida completa en ninguna de las conexiones finales del enlace en pruebas.

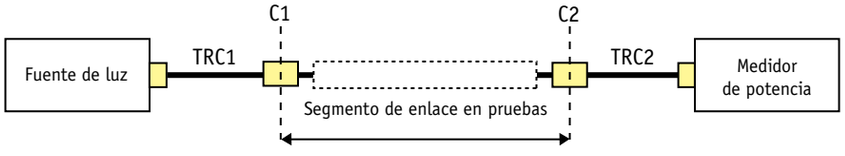


Figura A2-6 *– Medición de pérdida óptica del método de tres latiguillos – La "diferencia" entre el nivel de potencia de referencia y el nivel de potencia de la prueba de pérdida es la potencia perdida en el enlace en pruebas, y la diferencia de pérdidas de potencia entre la conexión de referencia CR1 y la conexión C1 y entre la conexión de referencia CR2 y C2. La pérdida real en las conexiones C1 y C2 no está incluida en el resultado de la prueba de pérdida del enlace.*

El documento IEC 14763-3 especifica la siguiente fórmula para calcular el resultado pasa o falla de esta prueba de pérdida:

Pérdida de Enlace = (Pérdida del segmento en pruebas) + Pérdida (C1-CR1) + Pérdida (C2-CR2) **(A3-1)**

Si la pérdida en CR1 y CR2 fuera cero, esta fórmula llevaría a los resultados deseados:

Pérdida de Enlace = (Pérdida del segmento en pruebas) + Pérdida (en C1) + Pérdida (en C2).

El estándar también define los límites admisibles de pérdida para "conectores de prueba", a los que nos referimos como "conectores de referencia" en este documento; consulte **la Tabla A2-1.**

	Límite del conector de referencia	Límite de prueba para conectores emparejados con un conector de referencia
Multimodo	0.1 dB	0.3 dB
Monomodo	0.2 dB	0.5 dB

Tabla A2-1 *Definición de la pérdida de inserción máxima para conexiones con conectores de referencia según se especifica en IEC 14763-3*

Cuando insertamos los valores de la tabla A2-1 para multimodo en la fórmula (A2-1) anterior, obtenemos:

Pérdida de Enlace = (Pérdida del segmento en pruebas) + (0,3 - 0,1) + (0,3 - 0,1), o
Pérdida de Enlace = (Pérdida del segmento en pruebas) + 0,4

En conclusión, el estándar utiliza un "factor de corrección" de 0,4 dB a cuenta del hecho de que las pérdidas reales en las conexiones finales del enlace en pruebas no se miden por el método de tres latiguillos. La calidad de los latiguillos TRC es crítica:

- Comprobar con latiguillos que estén peor proporciona un límite más flexible
- Comprobar con latiguillos que estén mejor proporciona un límite más preciso
- Esto va en contra de la intuición y crea un problema en la práctica

Los clientes del DTX pueden medir la pérdida del latiguillo de panel, pero este paso adicional representa un gran inconveniente para el contratista e imaginamos que este paso adicional no se hará en el campo. Ahora, probablemente comprenderá por qué Fluke Networks no recomienda este método, pudiéndose llevar a cabo el trabajo utilizando un método con menor incertidumbre (lo que equivale a más precisión), y aboga por el método de un latiguillo.