



La Guía FTTH PON

Realización de pruebas
de redes ópticas pasivas

5^a Edición

EXFO

Esta guía de bolsillo ofrece una introducción a la tecnología FTTH y la realización de pruebas durante la instalación, activación y resolución de problemas de redes ópticas pasivas (PONs).

De POTS a PONs

La invención del teléfono en 1876 y la fundación de la Bell Telephone Company en 1878 sientan las bases para el desarrollo generalizado de lo que se conoce en la actualidad como el sistema de telefonía ordinario tradicional (POTS). Dos años más tarde, un fonógrafo, como así se denominó, permitió la transmisión de sonido a través de un haz de luz.

Con los años, varios pioneros han realizado una larga serie de descubrimientos e innovaciones tecnológicas fascinantes, incluido el láser y la fibra óptica monomodo, que hace posible transmitir cantidades masivas de información a largas distancias utilizando la luz. En la actualidad, más del 90% del tráfico de larga distancia de EE. UU. se transmite por fibras ópticas. No obstante, todavía se utilizan ampliamente pares trenzados de hilo de cobre todavía para las conexiones de corta distancia entre la oficina central (CO) y los abonados.

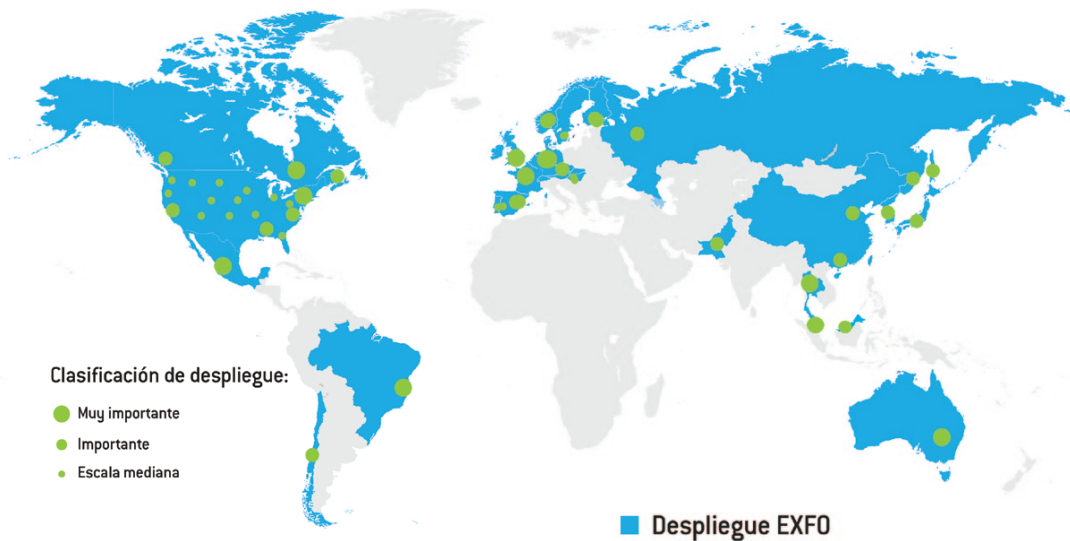
La tecnología Fibra hasta el hogar (Fiber-to-the-home, FTTH) representa una solución atractiva para proporcionar ancho de banda elevado desde la CO a residencias y pequeñas y medianas empresas. La FTTH es económica, ya que utiliza una red óptica pasiva (PON). Lo que hace a la FTTH aún más interesante es la mayor fiabilidad de la red y la facilidad de realización de pruebas, medición y supervisión de la red. Estos sistemas siguen los mismos principios básicos que las redes de fibra estándar, permitiendo utilizar gran parte del mismo equipo para la instalación y el mantenimiento.

¿Implantaciones FTTH más rápidas, más fiables? Fácil con soluciones EXFO.

Cuando se desplegó FTTH por primera vez, EXFO estuvo allí para realizar las pruebas; en concreto, fue el primero en utilizar la técnica de medición ascendente/descendente simultánea mediante una conexión de paso. Desde entonces, hemos seguido centrándonos en ofrecer innovadoras soluciones de pruebas de FTTH que le ayuden a satisfacer las necesidades creadas por su red, en todos los pasos del camino. La FTTH crece, como también lo hace nuestro liderazgo y competencia en tecnología FTTH.

EXFO proporciona a los operadores de redes conocimiento experto, herramientas y entornos de realización de pruebas para cubrir la brecha del gasto de capital creada por la mayor demanda de ancho de banda. Con métodos y procedimientos probados sobre el terreno, soluciones de realización de pruebas inteligentes e integradas y una gestión de datos basada en la nube, las redes FTTH pueden implantarse ahora de forma fiable y económica.

Participación en implantaciones FTTH en todo el mundo



Índice

1. Introducción a FTTx	4
1.1 Arquitecturas FTTH	8
1.2 Equipo de red de distribución óptica pasiva	10
Fibras	11
Divisores	12
Conectores.....	14
Empalmes.....	15
Equipo de Unidad de Vivienda Colectiva Interior....	16
2. Parámetros físicos principales que afectan al rendimiento de la red.....	19
2.1 El presupuesto de pérdida	20
2.2 ¿Qué puede afectar al presupuesto de pérdida?	24
Conexiones deficientes	26
Efectos	29
Macrocurvaturas.....	30
3. Procedimientos de realización de pruebas. Fase de construcción.....	31
3.1 Mantenimiento de conectores.....	35
Instrucciones de inspección paso a paso	40
Buenas prácticas para el mantenimiento de conectores.....	43
Accesorios de limpieza de conectores.....	46
3.2 Caracterización de la pérdida de inserción y la pérdida de retorno óptico.....	50
3.3 Las herramientas y los enfoques	52
3.4 Técnicas basadas en OTDR.....	53
OTDR tradicional.....	54
Herramienta iOLM	59
3.5 Técnicas basadas en OLTS.....	64
4. Procedimientos de realización de pruebas. Fase de activación.....	69
4.1 Realización de pruebas de potencia en redes ópticas pasivas	71
4.2 Trabajar con un medidor de potencia optimizado para PON	75

5. Procedimientos de realización de pruebas—Fase de mantenimiento	77
5.1 Resolución de problemas de sistemas activos.....	78
6. Documentación de pruebas	85
7. Abreviaturas y acrónimos.....	89
8. Anexos	93
Anexo A: Fibra de lanzamiento y de recepción	94
Anexo B: Redes de acceso ópticas de próxima generación	97
Anexo C: EXFO Connect	104
Anexo D: Enlaces relacionados	108

1

Introducción a FTTx



1. Introducción a FTTx

La fibra óptica monomodo, con su ancho de banda prácticamente ilimitado, es ahora el medio de transporte preferido en redes de transporte largo y metropolitanas. La utilización de cable de fibra óptica (en lugar de cable de cobre) reduce significativamente los costes del equipo y de mantenimiento, a la vez que aumenta drásticamente la calidad del servicio (QoS); y, ahora más que nunca, muchos clientes corporativos tienen acceso a servicios de fibra óptica de punto a punto (P2P).

Los cables de fibra óptica se implantan ahora en la última milla: el segmento de la red que va desde la oficina central (CO) al abonado. Dado que, hasta hace poco, ese segmento se basaba normalmente en el cobre, los servicios de alta velocidad disponibles para los clientes residenciales y las empresas pequeñas se limitaban a líneas de abonados digitales genéricas (xDSL) y transmisiones coaxiales de fibra híbridas (HFC). La principal alternativa (transmisión inalámbrica con servicio de retransmisión directa (DBS)) requiere una antena y un transceptor. Por tanto, en el contexto actual, con su enorme demanda de ancho de banda y de servicios de mayor velocidad a distancias mayores, el transporte basado en cobre e inalámbrico presenta las siguientes carencias:

- > Ancho de banda limitado
- > Diferentes medios y equipos que requieren un mantenimiento amplio

Pese a que los cables de fibra óptica superan todas esas limitaciones, uno de los obstáculos en la provisión de servicios de fibra óptica directamente a los hogares y a las pequeñas empresas ha sido el elevado coste de conectar a cada abonado a la CO. Para superar los problemas de costes, actores importantes de la industria crearon la organización de normalización Red de Acceso de Servicio Completo (Full-Service Access Network, FSAN), la cual se fundó para facilitar el desarrollo de especificaciones adecuadas de sistemas de equipos de redes de acceso. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) convirtió las especificaciones FSAN en recomendaciones. La especificación FSAN para redes ópticas pasivas (PONs) basadas en ATM se convirtió en una norma internacional en 1998 y fue adoptada por la ITU como recomendación G.983.1.

Tecnologías utilizadas en FTTx

Nuevas normas como, por ejemplo, las establecidas por la ITU-T, el IEC y el Instituto de Ingeniería Electrónica y Eléctrica (IEEE), han incrementado en gran medida la estandarización del diseño, la capacidad de supervivencia y la seguridad de PONs.

Tabla 1. Tecnologías PON actualmente implantadas

Tipo		PON de banda ancha (BPON)		GPON (PON con capacidad de 1 Gigabit)				EPON (PON Ethernet)				
				GPON		GPON-ERG						
Norma		Serie ITU-T G.983		Serie G.984		G.984.6		IEEE 802.3ah				
Protocolo		ATM		Ethernet, TDM, TDMA				Ethernet				
Servicios		Voz, datos, vídeo		- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, vídeo bajo demanda				Triple uso				
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20		20		Hasta 60 (distancia ODN)		1000BASE-PX10: 10 1000BASE-PX20: 20				
Relación de división		hasta 32		hasta 64		16, 32 o 64 (restringida por pérdida de ruta)		1x16 1x32 (con FEC o DFB / APD)				
		Descendente OLT Tx		Ascendente ONU Tx		Descendente		Ascendente				
Velocidad de transferencia de bits nominal	Mbit/s	155.52 622.08	1244.16	155.52	622.08	1244.16 / 2488.32	155.52/622.08/ 1244.16	2488.32	1244.16	1000	1000	
Banda de longitud de onda operativa	nm	1480- 1580	1480- 1500	1260- 1360 (MLM1, SLM) 1280- 1350 (MLM2) 1288- 1338 (MLM3)		-1480-1500 -1550-1560 (banda de mejora para vídeo)	1260-1360 Posibilidad de utilizar longitudes de onda de banda C más cortas de forma descendente y 1550 nm de forma ascendente	1480-1500 (Banda básica)	OEO (ONU EXT): 1260-1360	OEO (OLT EXT): 1290-1330	OA: 1300-1320 (OBF)	1000BASE-PX10: Descendente: 1490 nm + PIN Rx Ascendente: 1300 nm (óptica FP de bajo coste + PIN Rx) 1000BASE-PX20: Descendente: 1490 nm + APD Rx Ascendente: 1300nm (óptica DFB + PIN Rx)
ORL _{MÁX}	dB	>32				>32				15		

Ofrece la oportunidad de economías escala y menores costes, no concebibles anteriormente. Las tablas 1 y 2 describen los principales parámetros que definen esas normas.

Tabla 2. Tecnologías PON de próxima generación

Tipo		PON con capacidad de 1 Gigabit (GPON) 10G-PON		PON Ethernet (EPON) 10G-EPON		PON WDM	
Norma	Unid.	G.987		802.3av™		Ninguna por el momento	
Protocolo		Ethernet, TDM, TDMA		Ethernet		TBC	
Servicios		- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, vídeo bajo demanda		- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, vídeo bajo demanda		- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, vídeo bajo demanda	
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20		PRX10-PR10: 10 PRX20-PR20-PRX30-PR30: 20		TBC	
Relación de división		hasta 1x64		hasta 1x32		TBC hasta 1x32	
Velocidad de transferencia de bits nominal		Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente
Asimétrico	Gbit/s	10	2,5	10	1,25	Virtualmente sin límite p. ej., 1 Gbit/s por usuario	Virtualmente sin límite p. ej., 1 Gbit/s por usuario
Simétrico	Gbit/s	10	10	10	10		
Banda de longitud de onda operativa	nm	1577 -2, +3	1270 ±10	1577 -2, +3	1270 ±10	TBC p. ej., DWDM en Banda C	
ORL _{MÁX}	dB	>32		>20		TBC	

1.1 Arquitecturas FTTH

La ilustración 1-1 muestra la arquitectura general de una red FTTH típica. En la CO (también denominada la cabecera), la red de telefonía pública conmutada (PSTN) y los servicios de Internet se interconectan con la red de distribución óptica (ODN) mediante el terminal de línea óptica (OLT). Las longitudes de onda descendentes de 1490 nm y ascendentes de 1310 nm se utilizan para transmitir datos y voz. Los servicios de vídeo RF analógicos se convierten en formato óptico a la longitud de onda 1550 nm mediante el transmisor de vídeo óptico. Las longitudes de onda de 1550 nm y 1490 nm son combinadas por el acoplador WDM y se transmiten juntas de forma descendente. IPTV se transmite ahora sobre 1490 nm.

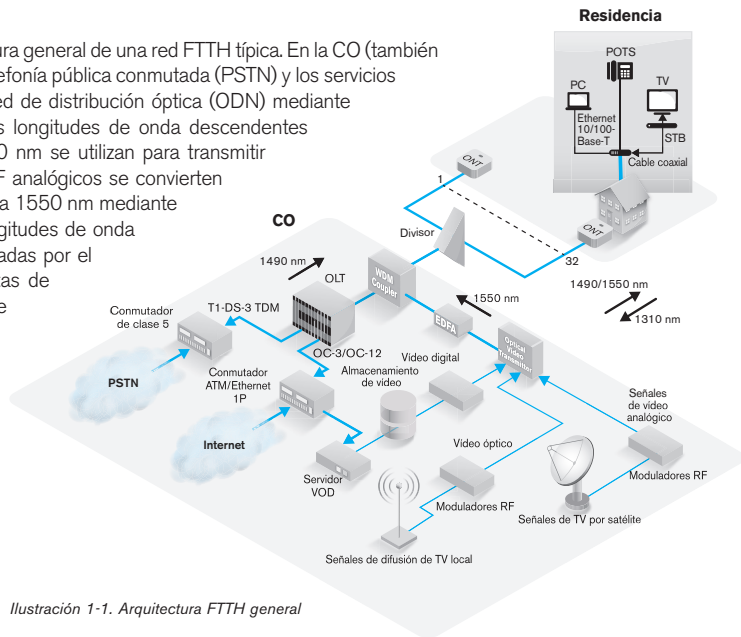


Ilustración 1-1. Arquitectura FTTH general

En resumen, las tres longitudes de onda (1310, 1490 y 1550 nm) transportan simultáneamente diferente información y en varias direcciones sobre la misma fibra. El cable de entrada F1 transporta las señales ópticas entre la CO y el divisor, lo cual permite conectar varios ONTs a la misma fibra de entrada. Se requiere un ONT para cada abonado y proporciona conexiones para los distintos servicios (voz, datos y vídeo). Dado que un OLT presta servicio hasta un número de 32 abonados (más de 64 con GPON), normalmente se necesitan muchos OLTs que salgan de la misma CO para servir a una comunidad. Hay diferentes arquitecturas para conectar abonados a la PON. La más sencilla utiliza un divisor único (véase la ilustración 1-2), pero también pueden emplearse múltiples divisores (véase la ilustración 1-3).

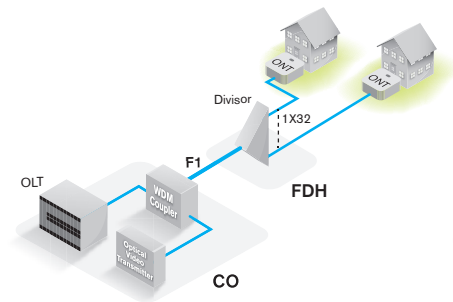


Ilustración 1-2. Arquitectura de etapa única

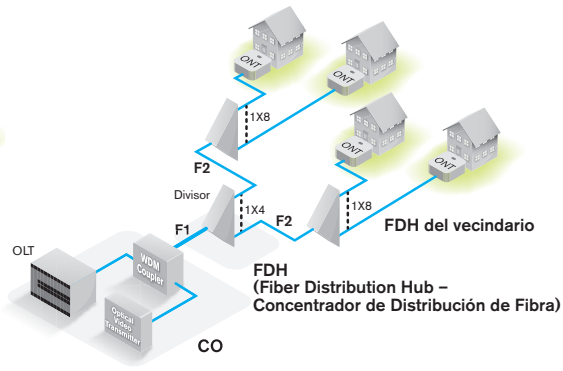


Ilustración 1-3. Arquitectura de dos etapas

1.2 Equipo de red de distribución óptica pasiva

El equipo de red de distribución óptica pasiva (ODN) consiste en un equipo y componentes ubicados entre el OLT (activo) y las instalaciones del cliente (el ONT; activo); este incluye componentes tanto ópticos como no ópticos de la red. Los componentes ópticos forma la red de distribución óptica (ODN) e incluyen empalmes (fusión y mecánicos), conectores, divisores, acopladores WDM, cables de fibra óptica, cordones de conexión y posiblemente terminales de caída con cables de caída. Los componentes no ópticos incluyen pedestales, armarios, paneles de conexiones, cajas de empalme y hardware diverso (véase la ilustración 1-4).

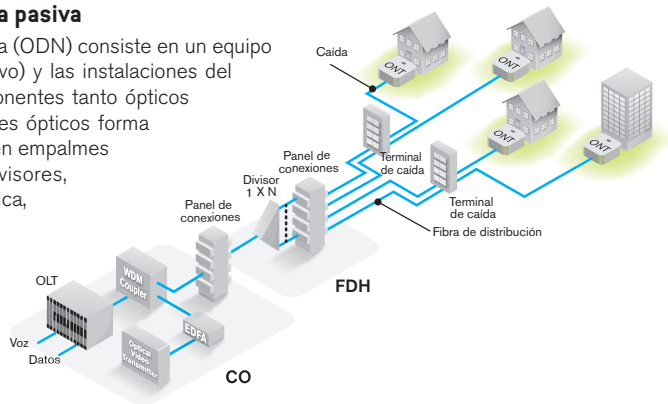


Ilustración 1-4. Equipo ODN pasivo

Fibras

La instalación de cable de fibra óptica es uno de los elementos más costosos en la implantación PON y la forma de proceder depende de diversos factores, incluido el coste, los derechos de paso, las normas legales, la estética, etc., y de si la fibra se instalará en nuevas instalaciones (instalación 'greenfield') o en un desarrollo existente en rutas activas (superposición/sobreconstrucción). Se utilizan tres métodos básicos de instalación de cables:

- › Enterramiento directo—Con este método el cable se coloca bajo el suelo, en contacto directo con el suelo; esto se hace excavando zanjas, arando o perforando.
- › Instalación de conductos—En este caso, el cable óptico se coloca dentro de una red de conductos subterráneos. Pese a que la instalación inicial de conductos es más cara que una instalación bajo tierra directa, el uso de conductos hace que sea mucho más fácil agregar o quitar cables.
- › Instalación aérea—Con este enfoque, el cable se instala normalmente en postes o torres sobre el suelo. Este tipo de instalación, normalmente usada para la sobreconstrucción, es por lo general más asequible que la instalación bajo el suelo y no requiere maquinaria pesada. El cable óptico puede asegurarse a un cable portador o pueden emplearse cables ópticos autoportantes.

Para áreas densamente pobladas con dificultades de derecho de paso, también hay disponibles varios métodos alternativos. Por ejemplo, el cable puede instalarse en ranuras que se hayan cortado en el pavimento o dentro de tubos de desagüe, tubos de alcantarillado y tubos de gas natural.

Divisores

El dispositivo de ramificación óptico bidireccional utilizado en PONs punto a multipunto (P2MP) se llama un *divisor óptico* o simplemente un *divisor*, el que tiene una entrada desde el puerto F1 y múltiples puertos de salida. Los divisores se consideran pasivos por que no requieren una fuente de energía externa salvo el haz de luz incidente. Son de banda ancha y solo agregan pérdida, principalmente debido al hecho de que dividen la potencia de entrada (de forma descendente). Esta pérdida, conocida como *pérdida de divisor* o *relación de división*, se expresa normalmente en dB y depende principalmente de su número de puertos de salida, como se muestra en la tabla 3. La señal óptica (descendente) de entrada se divide igualmente en una cascada o en ramificaciones; por ejemplo, un divisor 1x2 solo tiene dos ramificaciones o una división que soporta una pérdida de 3 dB (50% de luz en cada ruta). En un divisor 1x4, se agregan otras dos ramificaciones a cada ruta de la división 1x2 original, añadiendo otros 3 dB, para una pérdida total de 6 dB. En un divisor 1x8, se añaden dos ramificaciones más o división 1x2 a cada ruta de la división 1x4 original, añadiendo nuevamente otra pérdida de 3 dB para una pérdida total de 9 dB. Un divisor 1x16 soportará entonces una pérdida de 12 dB y un divisor 1x32 tendrá una pérdida mínima de 15 dB, sin contar las pérdidas adicionales debidas a conexiones e imperfecciones (normalmente se añade 1 dB a la pérdida de división original); por tanto, un divisor 1x32 tendrá normalmente una pérdida de 16 dB.

Las PONs utilizan una parte equivalente de los puertos de salida a F2, lo que permite que múltiples usuarios compartan una fibra óptica individual y, en consecuencia, un ancho de banda compartido. En la dirección ascendente, las señales ópticas se combinan desde diversos ONTs en una fibra única (F1).

Cabe que señalar, que contrariamente a lo que cabría esperar, el divisor añade aproximadamente la misma cantidad de pérdida (incluso para la luz que viaja en dirección ascendente).

Tabla 3. Pérdida de divisor

Número de puertos	Pérdida de divisor [dB] [excluidas conexiones y pérdida de divisor excesiva]
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

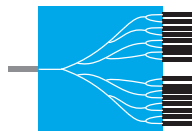
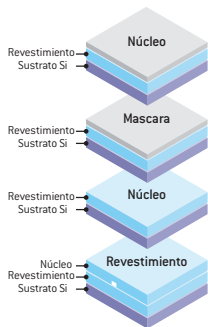
En una red FTTx, puede haber un divisor o varios divisores en cascada, en función de la topología. La recomendación G.984 de la ITU-T permite relaciones de división de hasta 31, mientras que la recomendación G.984.6 amplía la relación hasta 64. Independientemente de la topología, el divisor debe satisfacer el presupuesto de pérdida óptica permitido.

Los divisores pueden empaquetarse en diferentes formas y tamaños en función de la tecnología básica utilizada. Los tipos más comunes son la guía de onda planar (normalmente para elevadas relaciones de división) y la fibra de acondicionador bicónico fundido (FBT) (normalmente para bajos recuentos). Ambos tipos se fabrican para su montaje en conjuntos de caja-bandeja. Las ilustraciones 1-5 y 1-6 muestran las dos tecnologías.

Componentes ópticos pasivos PON

Tecnología de divisor

Guía de onda planar



PLC = Planar Lightwave Circuit (Circuito de Onda de luz Planar)

Circuito óptico en un sustrato realizado utilizando herramientas y técnicas basadas en CVD o Icon Exchange basado en industria de semiconductores.

Ilustración 1-5. Divisor de guía de onda planar

Componentes ópticos pasivos PON

Tecnología de divisor

Fibra Acondicionador Bicónico Fundido (Fused Biconic Taper, FBT)

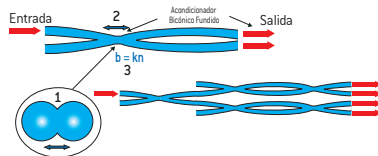


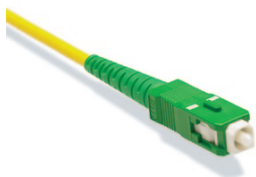
Ilustración 1-6. Divisor FBT

Conectores

Existen tres categorías diferentes de conectores:

1. Símplex—conector con una fibra terminada
2. Dúplex—conector con dos fibras terminadas
3. Multifibra—conector con más de dos fibras (hasta 72)

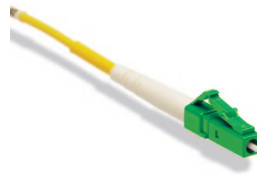
Los conectores símplex son actualmente los más populares para implantaciones FTTH. La ilustración 1-7 muestra los tipos más comunes de conectores símplex:



SC



FC



LC

Ilustración 1-7. Tipos de conectores símplex

Otra categoría de conector que cobra popularidad es el conector multifibra (o MT). Un conector MT individual puede tener desde 4 a 72 fibras. El tipo de conector multifibra utilizado de forma más generalizada en PONs es el tipo MTP. Este conector está a menudo reempaquetado y se utiliza para crear un cable más robusto, especialmente diseñado para los entornos duros de implantaciones FTTH típicas.

Cabe indicar, no obstante, que el tipo de conector más común empleado en implantaciones FTTH por el momento es el conector pulido en ángulo (APC), principalmente debido a que la inclinación de 8° en el casquillo reduce las reflexiones en más de 60 dB (la pérdida típica es $\leq 0,5$ dB). Los conectores APC pueden identificarse de forma sencilla por su color verde (ilustración 1-7).

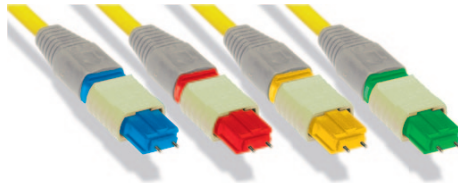


Ilustración 1-8. Conector MTP (fuente: US Conec)

Empalmes

Los empalmes pueden ser mecánicos o fundidos y están protegidos frente al entorno por cajas de empalmes. Los empalmes mecánicos son los menos caros pero tienen pérdida de inserción y retrorreflexión más altas que los empalmes fundidos, que tienen una pérdida muy baja (0,02 dB) y prácticamente ninguna retrorreflexión. No obstante, los empalmes fundidos exigen un caro y amplio equipo de empalme por fusión y un técnico bien instruido. El número de empalmes de un enlace depende de la longitud de las secciones de cable utilizadas (las longitudes de sección típicas son ≤ 2 km, 4 km y 6 km). Cuanto más corta es la longitud, más sencillo es el mantenimiento, pero el montaje completo del cable requiere más empalmes más tiempo y más dinero. Por el contrario, la utilización de secciones de cable más largas es menos costosa, pero el mantenimiento posterior es más complicado y caro.

Al empalmar diferentes tipos de fibra y realizar pruebas con un método basado en reflectometría (OTDR o iOLM), puede aparecer una pérdida o ganancia importante debido a la diferencia en los diámetros de campo-modo de las fibras. Un buen ejemplo de esto sería empalmar fibra G625D con fibra G657.

Equipo de Unidad de Vivienda Colectiva Interior

En función del tipo de la arquitectura de vivienda colectiva (MDU) que se implantará (véase la ilustración 1-9 y 1-10), el equipo utilizado puede ser similar al empleado en implantaciones OSP o estar especialmente diseñado para el uso interior (véase la ilustración 1-9). El equipo interior está menos sujeto a condiciones ambientales duras y, por tanto, no requiere el mismo grado de robustez que el equipo de planta exterior (OSP). Los siguientes elementos se encontrarán normalmente en implantaciones interiores:

Cables de fibra óptica:

- Los cables de entrada forman el segmento entre la CO y el concentrador de distribución de fibra (FDH) y se encuentran generalmente en el sótano del edificio.
- Los cables de subida forman el segmento entre el FDH y el terminal de distribución de fibra (FDT) y se encuentran en cada planta o en el colector de fibra (FC). Los cables de subida pueden estar formados por una fibra única por puerto divisor o por cables MTP.

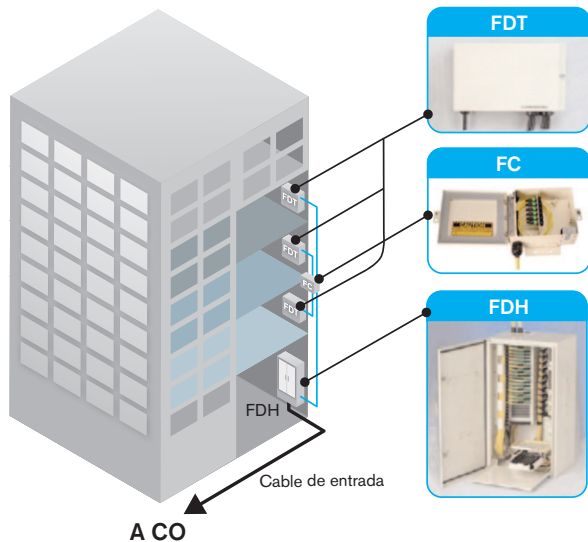


Ilustración 1-9. Equipo de MDU de altura elevada/media

- > Los cables de caída forman el segmento entre el FDT y el ONT y están ubicados en el apartamento. Están generalmente hechos de fibra que es insensible a micro/macrocurvaturas.

Los concentradores de distribución de fibra (FDHs) incluyen:

- > Armarios, cajas de empalmes
- > Divisor(es)
- > Panel(es) de conexiones
- > Elementos de gestión de fibra

Terminal de distribución de fibra (FDT):

- > El FDT—ubicado en cada planta—sirve como la conexión entre el FDH y el cable de caída; puede conectorizarse o empalmarse.

Colector de fibra (FC):

- > El FC sirve como un punto de conexión entre el FDH y unos pocos FDTs (véase la ilustración 1-9).

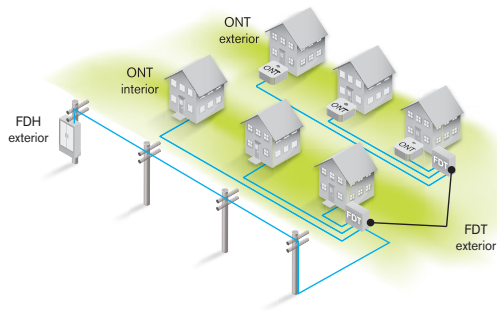


Ilustración 1-10. MDU horizontal/de estilo jardín

Tabla 4. Enfoques de implantación de cables ascendentes MDU (aspectos destacados)

Terminaciones de empalme de fusión tradicionales	Componentes pre-terminados bobinados
Factores positivos	Factores positivos
<ul style="list-style-type: none"> > Una vez realizados correctamente los empalmes el diseño de red es muy estable > Menos conectores en el diseño, especialmente en puntos intermedios entre el panel de conexiones FDH y el conector ONT; por tanto, menor posibilidad de contaminación o acumulación de suciedad, especialmente antes de que se haya completado la construcción > Menor coste de los componentes 	<ul style="list-style-type: none"> > Situaciones más atractivas para situaciones 'brownfield' (reacondicionamiento) > Proposición atractiva para situaciones en las que sea más caro o complicado conseguir técnicos para realizar los empalmes > Aceleración de la implementación del proyecto (menor tiempo de empalme) > Reducción del coste de la mano de obra en el proyecto (menos costes de empalme) > Permite puntos de conexión de prueba adicionales entre el panel de conexiones FDH y el conector en el ONT
Factores negativos	Factores negativos
<ul style="list-style-type: none"> > Si los costes de empalme son elevados o si resulta complicado conseguir técnicos para realizar los empalmes para un proyecto particular, este enfoque puede ser un problema > No ofrece un punto de acceso de prueba intermedio entre el panel de conexiones FDH y el conector ONT 	<ul style="list-style-type: none"> > Muchos conectores en el diseño, además de en la ubicación del panel de conexiones FDH, pueden crear acumulación de suciedad, especialmente antes de que la construcción se haya completado > Aumento en el coste de los componentes
Apreciación general	Apreciación general
<ul style="list-style-type: none"> > Enfoque estándar: se emplean contratistas para realizar empalmes y la presencia de conectores en armarios no cementado, especialmente cuando la construcción no está finalizada, puede crear una situación en la que el conector se contamine y se requiera una amplia limpieza o una reconectorización en algunos lugares 	<ul style="list-style-type: none"> > Este enfoque está obligado a demostrar su utilidad. De esto se ocupan ahora los proveedores y lo que escuchan los clientes. Los encuestados tuvieron una actitud abierta y algunos dijeron que este enfoque debe generar ahorros superiores al >20-30% para justificar el uso de este tipo de componente

2

Parámetros físicos principales que afectan al rendimiento de la red



2. Parámetros físicos principales que afectan al rendimiento de la red

La finalidad de cualquier red de fibra óptica es ejecutar una transmisión de datos a alta velocidad, libre de errores. Una realización de pruebas correcta durante cada fase de la implantación de la red garantiza que los productos satisfagan las especificaciones y además minimiza el costoso y laborioso trabajo de resolución de problemas localizando conectores sucios/dañados, empalmes cuestionables y otros componentes defectuosos antes de que afecten al servicio.

Uno de los factores más importantes para garantizar una transmisión correcta es controlar las pérdidas de potencia en la red frente a las especificaciones del presupuesto de pérdida del enlace con la recomendación ITU-T y la norma, lo cual se hace estableciendo un presupuesto de pérdida de extremo a extremo total con un margen suficiente, a la vez que reduciendo al mínimo las retrorreflexiones. Esto es especialmente válido para señales de vídeo RF analógicas de alta potencia (normalmente a 1550 nm) desde láseres de banda muy estrecha, ya que las intensas retrorreflexiones degradan la calidad de la transmisión de vídeo. Esta sección trata de los parámetros principales que pueden afectar en gran medida al rendimiento de la red.

2.1 El presupuesto de pérdida

Una de las primeras tareas que deben realizarse al diseñar redes de fibra óptica es evaluar el presupuesto de pérdida aceptable para crear un producto que satisfaga las necesidades de aplicación. Para caracterizar correctamente el presupuesto de pérdida se consideran generalmente los siguientes parámetros principales:

- > Transmisor: potencia de lanzamiento, temperatura y envejecimiento
- > Conexiones de fibra: divisor, conectores y empalmes
- > Cable: pérdida de fibra y efectos de temperatura
- > Receptor: sensibilidad del detector
- > Otros: margen de seguridad y reparaciones

Cuando una de las variables arriba indicadas no cumple las especificaciones, el rendimiento de la red puede verse enormemente afectado o, lo que es peor, el degradación puede conducir a fallos en la red.

El presupuesto de pérdida variará en función del tipo de PON que se implementa. Por ejemplo, en el caso de un sistema GPON de clase B, como se muestra en la tabla 5, el presupuesto de pérdida máximo para la ruta ascendente a 1,25 Gbit/s puede ser de 32 dB (delta entre sensibilidad mínima y potencia de lanzamiento máxima). Téngase en cuenta que la potencia de lanzamiento del transmisor puede variar y, si consideramos el mismo sistema, pero con una potencia de lanzamiento de -2 dBm, el presupuesto de pérdida se convertirá entonces en 24 dB (delta entre sensibilidad mínima y potencia de lanzamiento mínima).

Tabla 5. Presupuestos de pérdida de clase de ODN BPON/GPON

Tipo		BPON									GPON								
Norma		Serie ITU-T.G.983									ITU-T.G.984.1								
Clase de red de distribución óptica (ODN)		B	A	B	A	B	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
		Descendente				Ascendente				Descendente				Ascendente					
Velocidad de transferencia de bits nominal		156	622,08	1244,16	156	622,08	1244,16	2488,32	1244,16	2488,32	155,52	622,08	1244,16	155,52	622,08	1244,16	155,52	622,08	1244,16
<P _{lanzamiento} >Mín	dBm	-4	-7	-2	-4	+1	-4	-6	-1	-4	+1	0	+5	-6	-4	-6	-1	-3	-2
<P _{lanzamiento} >Máx	dBm	+2	-1	+4	+1	+6	+2	-1	+4	+1	+6	+4	+9	0	+2	-1	+4	+2	+3
Sensibilidad Mín	dBm	-30	-28	-28	-25	-25	-30	-27	-27	-25	-25	-21	-21	-27	-30	-27	-27	-24	-28

Un ejemplo del cálculo del presupuesto de pérdida total típico puede ser el siguiente:

- > La pérdida de divisor (1:4, 1:8, 1:16, 1:32) representa normalmente la mayor parte de la pérdida en el sistema: aproximadamente 16 dB para divisores 1:32.
- > La pérdida de inserción es normalmente de 0,7 a 1.0 dB por acoplador WDM y se utiliza generalmente para combinar la señal de vídeo (1550 nm) con señales de datos y voz (1310/1490 nm).
- > Las pérdidas de conector y empalme rondan normalmente los 2,0 a 3,0 dB para el enlace completo, desde el OLT al ONT.
- > La pérdida de fibra es igual a la atenuación multiplicada por la distancia. La distancia máxima está limitada por el presupuesto de pérdida a la longitud de onda más desfavorable (1310 nm con aprox. 0,33 dB/km de atenuación). La longitud máxima varía normalmente entre 4 y 20 km.

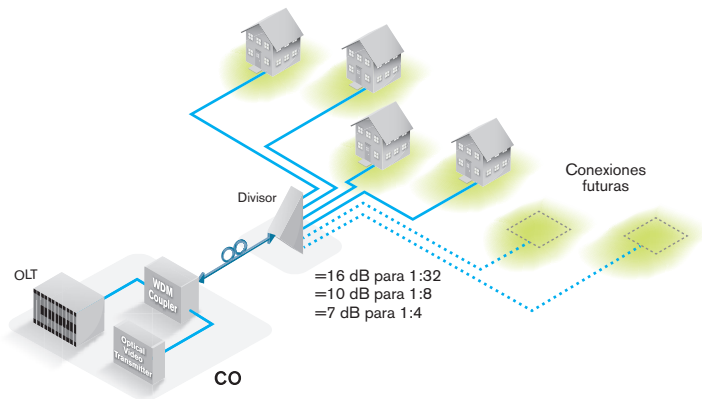


Ilustración 2-1. Cálculo del presupuesto de pérdida total

El cálculo de presupuesto de pérdida debe ser una de las primeras cosas a verificar antes de cualquier implantación y debería ser obligatorio para garantizar que la clase del sistema seleccionado sea compatible con la topología que se implantará. Si, por ejemplo, se diseña un sistema con los elementos indicados en la tabla 6 y si la potencia de lanzamiento del transmisor a 1310 nm es -4 dBm con una sensibilidad de detector de -28 dBm, el presupuesto de pérdida permitido de 24 dB comprometerá el rendimiento del sistema a 1310 nm (ascendente).

Tabla 6. Ejemplo de cálculo de presupuesto de pérdida

	Pérdida típica (dB)	Número/Longitud	Pérdida total (dB)
Divisor (1:32)	~ 16 - 17	1	17
Acoplador WDM (1:2)	~ 0.7 - 1.0	1	1
Empalme (fundido)	~ 0.02 - 0.05	4	0.2
Conector (APC)	~ 0.2	2	0.4
Fibra G.652C			
1310 nm	~ 0,35/km	18,2 km	6.4
1490 nm	~ 0,27/km		4.9
1550 nm	~ 0,20/km		3.6
Presupuesto de pérdida total			
1310 nm			25.0
1490 nm			23.5
1550 nm			22.2

Por tanto, la pérdida total medida durante la implantación de la red no debe superar el presupuesto de pérdida total permitido por el diseño del sistema y debe tener suficiente margen para permitir cualquier fluctuación de pérdida que pueda producirse durante el ciclo de vida del sistema.

2.2 ¿Qué puede afectar al presupuesto de pérdida?

Como se ha visto en la anterior sección, la ODN está formada por varios elementos que contribuyen a la pérdida general de un sistema. En teoría, considerar la pérdida de inserción (p. ej., atenuación de fibra) de cada elemento debería ser suficiente para garantizar que el presupuesto de pérdida se respetará una vez realizada la implantación. Lamentablemente, esto no siempre es así en la práctica. Las siguientes secciones ponen de relieve fenómenos que pueden afectar potencialmente a la pérdida de inserción o a la pérdida de retorno óptico de estos elementos cuando se implantan sobre en el campo.

La pérdida de inserción (IL) es el incremento en la atenuación causado por la introducción de un par de conectores (o componente pasivo) en un enlace de fibra óptica. Se perderá una determinada cantidad de señales en cada punto.

La pérdida de retorno óptico (ORL) es la relación de la potencia óptica de transmisión respecto a la potencia óptica reflejada. Al inyectarse luz en un componente de fibra óptica, como por ejemplo un conector, un multiplexador o en la misma fibra, una parte de la energía se transmite, otra se absorbe y otra se refleja. La luz total que regresa (es decir, que se refleja) es lo que se denomina *ORL*.

Existen dos efectos fundamentales que provocan ORL. El primero es el efecto de dispersión Rayleigh; sobre todo la parte que regresa al punto de origen, conocida como *retrodispersión*. El segundo efecto consiste en reflexiones de Fresnel, que son pequeñas partes de luz que se reflejan cuando la luz viaja por materiales de distintos índices de reflexión.

La retrodispersión de Rayleigh consiste en reflejos que resultan de la dispersión de la luz como consecuencia de impurezas en la fibra y es intrínseca a la propia fibra; la luz interactúa con las fluctuaciones de densidad de la fibra. El fenómeno puede estar provocado por una variación en la densidad y la composición del material que da lugar variaciones en el índice de refracción de la fibra. Ello provoca que parte de la onda escape de la guía de onda. Cuando el tamaño del defecto es inferior a una décima parte de la longitud de onda se denomina *dispersión*, mientras que la *retrodispersión* hace referencia a la parte que se captura en la fibra y que se propaga en retroceso.

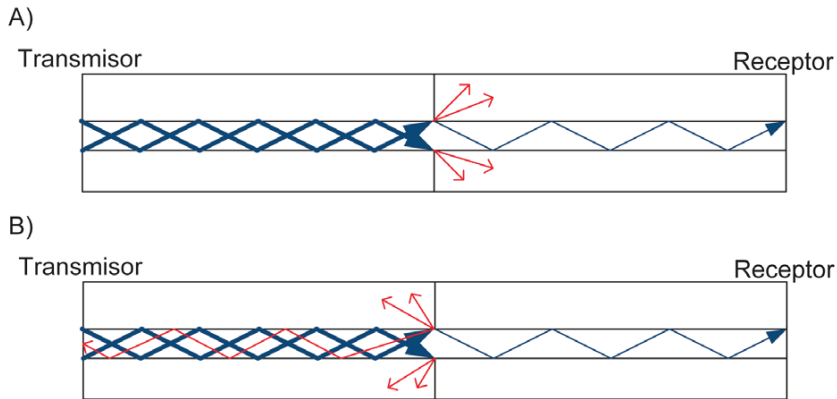


Ilustración 2-2. A) pérdida de inserción B) pérdida de rendimiento óptico

Conexiones deficientes

Para que el sistema funcione debidamente, los elementos de la red deben estar interconectados. En la actualidad, se emplean dos formas principales de conectar dos elementos ópticos:

- > Conectores
- > Empalmes

Conectores sucios o dañados

Los conectores son componentes esenciales que interconectan todos los elementos de red, motivo por el cual es esencial mantenerlos en buen estado de funcionamiento; al hacerlo se garantiza que todo el equipo funcione a su máximo rendimiento y se evitan fallos de red catastróficos.

Las fibras monomodo empleadas en la mayoría de conectores tienen núcleos muy pequeños, normalmente con un diámetro de 9 a 10 μm , de modo que una única partícula de polvo o humo puede bloquear una zona de transmisión importante e incrementar de manera significativa la pérdida.

Los daños o la suciedad en conectores pueden provocar lo siguiente:

- > Resultados de prueba erróneos
- > Transmisión deficiente (IL u ORL elevada)
- > Daños permanentes al enlace durante transmisiones de alta potencia

Los conectores pueden resultar dañados de varias formas:

- > Contaminación por suciedad en el extremo de un conector (polvo, alcohol isopropilo, grasa de manos, aceites minerales, gel, resina epoxi, tinta negra a base de aceite y yeso).
- > Conectores pulidos en ángulo (APC) conectados a conectores ultrapulidos (UPC).
- > Daños físicos en extremo del conector.

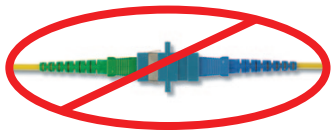


Ilustración 2-3. Conector UPC conectado con un conector APC

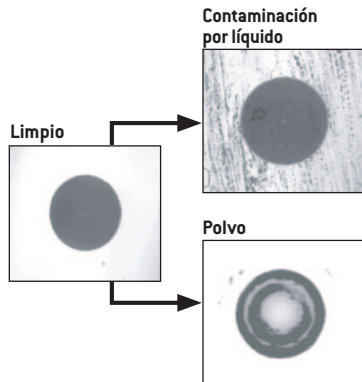


Ilustración 2-4. Ejemplo de extremos de conector sucios

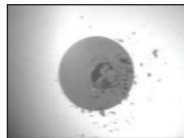


Ilustración 2-5. Conector despostillado

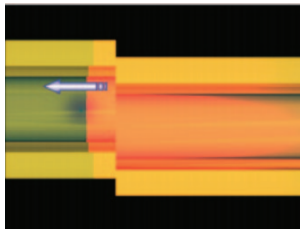
Empalme incorrecto

Unas alineaciones de fibra-núcleo deficientes son las causas principales de pérdida de acoplamiento cuando se conectan dos fibras utilizando un empalme. Otra fuente de pérdida de acoplamiento importante es la diferencia en propiedades ópticas. Si las fibras empalmadas tienen diámetros de núcleo o revestimiento diferentes pueden aumentar las pérdidas de acoplamiento, esto recibe el nombre de *desajuste de núcleos*.

- › Desalineación de núcleos–Pérdida exagerada
- › Desajuste de núcleos–Ganador

Para obtener más información sobre la caracterización de empalmes, consulte las secciones OTDR y iOLM.

Desalineación de núcleos



Desajuste de núcleos

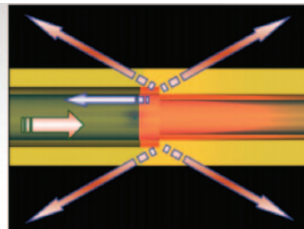


Ilustración 2-6. Problemas posibles de fibras empalmadas

Efectos

Una mala conexión incrementará generalmente la pérdida de inserción de un dispositivo/elemento (p. ej., divisor) en la ODN, lo cual contribuirá al presupuesto de pérdida global. Si hay demasiadas conexiones deficientes en el ODN, o si existe una con una pérdida exagerada, el presupuesto de pérdida global podría no cumplirse, lo cual tendrá potencialmente como consecuencia que la red no funcione o no proporcione los servicios que debería.

Otro efecto que puede derivarse de una conexión deficiente (p. ej., conector UPC conectado a un conector APC) es el aumento en la ORL total. Este parámetro no se consideraba en el pasado para la realización de pruebas. Ahora, con las redes de vídeo analógico sobre PON, la medición de la ORL desde la CO al ONT se recomienda encarecidamente para lograr conexiones sin fantasmas cuando está presente el vídeo analógico. En general, una elevada ORL puede tener los siguientes efectos en la red:

- > Amplias fluctuaciones en la potencia de salida de láser
- > Daños permanentes potenciales al OLT
- > Mayor tasa de bit por error (BER) en sistemas digitales
- > Distorsiones en señales de vídeo analógico

Macrocurvaturas

Como la propia palabra indica, una macrocurvatura es una curvatura en una fibra óptica; el radio de curvatura es de unos pocos centímetros. Las macrocurvaturas reducen localmente el confinamiento del modo, provocando pérdida de radiación. Además, se reconoce de forma generalizada que la atenuación inducida aumenta con la longitud de onda debido a una distribución modal más amplia y a más potencia en el revestimiento.

Las macrocurvaturas se encuentran casi siempre en organizadores de fibra y en (o cerca de) paneles de conexiones y son el resultado de una manipulación incorrecta de cables o tensiones mecánicas debidas al entorno. En muchos sistemas de comunicación de fibra óptica, las macrocurvaturas aumentarán ocasionalmente la pérdida de enlace hasta el punto de superar el presupuesto de pérdida del sistema. Dado que la sustitución al por mayor de transmisores y receptores no es eficiente en costes, localizar y reparar esas macrocurvaturas pasa a ser una responsabilidad de los técnicos de mantenimiento locales.



Ilustración 2-7. Macrocurvatura detectada con VFL

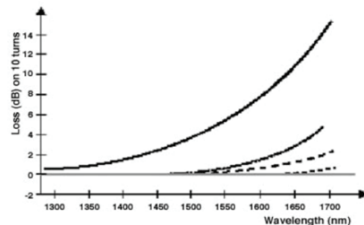


Ilustración 2-8. Diez envolturas en un mandril producen este tipo de curva para varios tipos de fibra óptica

3

Procedimientos de realización de pruebas. Fase de construcción



3. Procedimientos de realización de pruebas.

Fase de construcción

Una vez completado el diseño de la red, el ciclo de vida de una red comprende generalmente tres fases principales: construcción, activación y mantenimiento.

Las siguientes secciones pondrán de relieve algunos de los principales elementos de realización de pruebas que deben considerarse durante el ciclo de vida de una PON para una aplicación FTTH.



Ilustración 3-1. Pirámide de realización de pruebas FTTH

La base de la pirámide (ilustración 3-1) indica la fase más amplia de la implantación FTTH; es decir, la construcción. Durante esta fase se realiza la mayor parte del trabajo requerido para preparar la vivienda; esto es, las conexiones de fibra que llegan normalmente al panel de distribución de fibra. En algunos casos, un contratista de instalación de fibra se hará responsable de la instalación y, posteriormente, del mantenimiento de la fibra dentro de su demarcación (p. ej., el FDH).

Una correcta instalación FTTH es el paso más importante para lograr una red de banda ancha fácil de mantener y un elevado retorno de la inversión. Una realización de pruebas correcta durante la fase de construcción/instalación minimizará el costoso y laborioso trabajo de resolución de problemas, ya que contribuye a localizar con antelación empalmes problemáticos, conectores sucios o dañados y otros componentes deficientes antes de que se produzca una interrupción del servicio. Algunos de los principales motivos para realizar pruebas durante la fase de construcción son:

- > Calificar la sección de planta exterior de la red (u ODN) y documentarla para su consulta futura
- > Garantizar que la red satisfaga las exigencias del sistema de transmisión (normas)
- > Evitar demoras y reparaciones costosas en la puesta en servicio del sistema

Tabla 7. Tabla resumen para realización de pruebas FTTH. Fase de construcción

	Tipo de prueba	¿Por qué realizar una prueba?	Parámetros de prueba	Equipo de pruebas	Consideraciones de la realización de pruebas
Construcción	Pruebas fuera de servicio	<ul style="list-style-type: none"> > Para calificar la planta exterior de la red, incluido cada elemento > Para garantizar que la instalación satisfice las exigencias del sistema de transmisión > Para evitar demoras y reparaciones costosas en la puesta en servicio del sistema > Para hacer que la red sea "a prueba de futuro" con normas emergentes 	<ul style="list-style-type: none"> > Fibra > Estado de limpieza del conector y el casquillo > Pérdida óptica y pérdida de inserción (IL) de cada elemento > Pérdida de extremo a extremo total en comparación con el presupuesto de pérdida óptica > Mapeado de fibra (documentación) > Medición de pérdida de retorno óptico (ORL), especialmente para vídeo RF/análogo 	<ul style="list-style-type: none"> > OLTS > OTDR o iOLM > Sonda de inspección de vídeo > Kit de limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> > Realización de pruebas OLTS a diferentes longitudes de onda (1310, 1490, 1550 nm) para IL y ORL bidireccional > Automatización para realización de pruebas P2MP > Documentación de curva OTDR de ONT utilizando 1310/1550 y 1625 nm (generación de informes) > Almacenamiento de datos > Realización de pruebas de enlace total o segmentos > Experiencia del personal implicado

Como se muestra en la tabla 7, un cuidado de los conectores y un manejo de la fibra correctos son una pieza importante del rompecabezas para hacer que una red sea menos propensa a problemas. Otro aspecto crucial es el mapeado/la documentación de fibra de extremo a extremo, ya que ello garantiza que una vez la red esté activada y en funcionamiento, todas las interrupciones de servicio debidas a problemas relacionados con la red se resuelvan en el menor tiempo posible.

3.1 Mantenimiento de conectores

Como se indicó anteriormente, los conectores son elementos esenciales que interconectan los diferentes componentes de una red; si no se inspeccionan ni se limpian según lo requerido pueden producirse fallos de red. Saber dónde, cuándo y cómo deben realizarse esas tareas puede ahorrarle un tiempo y un dinero preciosos a largo plazo.

Dónde inspeccionar/limpiar

Los siguientes elementos deben estar siempre en su lista de inspección/limpieza:

- › Panel de conexiones (es decir, armario del divisor)
- › Elemento de interconexión de prueba
- › Conectores de cables

Cuándo limpiar

El primer paso para realizar pruebas de fibra es inspeccionar los conectores y ello es válido para todas las fases de realización de pruebas: construcción, activación y mantenimiento. **Los conectores solo deben limpiarse si se demuestra que están sucios después de completar la inspección.**



Ilustración 3-2. Inspección de paneles de conexiones

Qué observar

Al inspeccionar el casquillo de un conector pueden darse dos problemas: un extremo dañado o un extremo sucio.

Los daños físicos al extremo del conector son normalmente permanentes y, en la mayoría de los casos, exigirán una sustitución del conector, a menos que el daño no sea perjudicial para el extremo. Para determinar si el daño es o no perjudicial, una buena norma general es desechar o sustituir cualquier conector que tenga arañazos cerca de o por el núcleo de fibra (véase la ilustración 3-3a), dado que esos arañazos pueden generar una elevada pérdida y afectar al rendimiento del conector. En caso de daños físicos, incluyendo un revestimiento despostillado (véase la ilustración 3-3b), conectores gastados y residuos de epoxi excesivos en el revestimiento, el conector deberá sustituirse.

En un mundo ideal, libre de contaminantes, los extremos del conector deberían estar siempre limpios y no requerirían un mantenimiento exhaustivo; no obstante, este no es el caso y existen muchos contaminantes de conectores de fibra óptica.

Por ejemplo, una partícula de polvo de $1\ \mu\text{m}$ en un núcleo monomodo puede bloquear hasta el 1% (pérdida de 0,05 dB) de la luz (imagínese lo que puede hacer una partícula de polvo de $9\ \mu\text{m}$). Otro motivo importante para mantener los extremos libres de contaminantes es el efecto de componentes de alta potencia en el extremo del conector: algunos de los componentes de telecomunicación actuales pueden generar señales con un nivel de potencia de hasta +30 dBm (1 W), lo cual puede tener resultados catastróficos cuando se emplean con un extremo de conector sucio o dañado (p. ej., fusión de fibra).

El polvo, el alcohol isopropilo, la grasa de manos, los aceites minerales, el gel, la resina epoxi, la tinta negra a base de aceite y el yeso son algunos de los contaminantes que pueden afectar al extremo de un conector. Algunos de esos contaminantes se presentan como suciedad individual o puede encontrarse en combinaciones de suciedad complejas. Téngase en cuenta que cada contaminante presenta un aspecto diferente pero que, independientemente de su apariencia, las áreas más críticas a inspeccionar son las regiones del núcleo y el revestimiento, ya que la contaminación en esas zonas puede afectar en gran medida a la calidad de la señal. La ilustración 3-4 muestra los extremos de diferentes conectores que han sido inspeccionados con una sonda de inspección de vídeo.

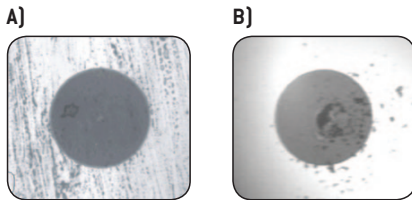


Ilustración 3-3. a) Arañazo en la región del núcleo
b) Despostillado en el revestimiento

Una buena práctica para evitar daños o contaminación en los extremos de conectores es mantener siempre una tapa de protección sobre el conector no utilizado; recalcando al mismo tiempo la importancia de guardar tapas protectoras no utilizadas en un recipiente sellado para evitar la contaminación. Al introducir la tapa protectora en un casquillo, no la introduzca completamente, ya que pueden acumularse pequeñas partículas de suciedad en el fondo de la tapa y si el fondo de una tapa contaminada entra en contacto con el extremo del conector la tapa puede contaminarlo. Tenga en cuenta que el desgaseado del proceso de fabricación de la tapa protectora puede dejar un residuo del agente de liberación del molde o materiales en la tapa. Por tanto, la presencia de una tapa guardapolvos no garantiza la ausencia de suciedad; es un dispositivo de protección para evitar daños. Otro hecho interesante acerca de elementos de interconexión de prueba y conectores nuevos es que no siempre se limpian antes del sellado de la bolsa, de modo que pueden estar sucios. Por suerte, utilizando las herramientas y los procedimientos de limpieza adecuados puede limpiarse eficazmente un conector sucio.

NOTA: Los elementos de interconexión y los cables nuevos de fábrica también deben inspeccionarse para garantizar la ausencia de suciedad.

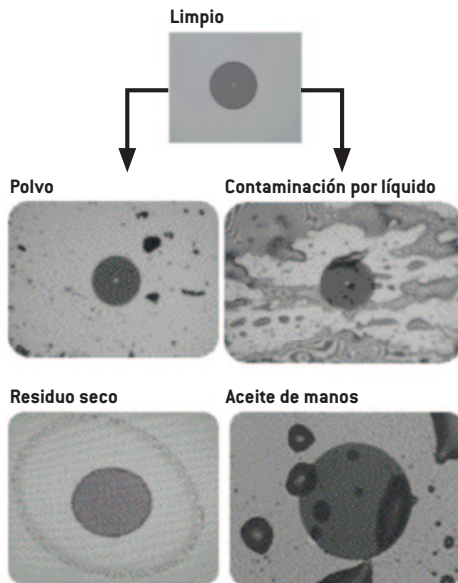


Ilustración 3-4. Extremo de conector limpio frente a diferentes tipos de contaminantes

¿Cómo inspeccionar conectores?

El núcleo y el revestimiento son las dos secciones principales de la fibra; es crucial que se mantengan en buen estado para minimizar la pérdida que se produce cuando se acoplan dos casquillos de conector. Para realizar un mantenimiento correcto de conectores primero debe inspeccionarse visualmente el extremo del conector. El diámetro del núcleo de una fibra monomodo es inferior a 10 micrones, lo cual implica que sin la herramienta de inspección adecuada resulta imposible afirmar si el casquillo está limpio, lo cual hace que sea esencial tener las herramientas correctas.

Para inspeccionar correctamente el extremo del conector se recomienda el uso de un microscopio que esté especialmente diseñado para extremos de conectores de fibra óptica. Existen muchos tipos de herramientas de inspección en el mercado, pero todos ellos entran dentro de dos categorías principales: sondas de inspección de fibra (también denominadas fibroscopios) y microscopios ópticos. Por motivos de seguridad, la herramienta recomendada en este documento es la sonda de inspección de fibra. La tabla a continuación indica las principales características de esta herramienta.



Tabla 8. Sondas de inspección de fibra. Características principales

Herramienta de inspección	Características principales
Sondas de inspección de fibra de vídeo	<ul style="list-style-type: none">> Representación de imágenes en una pantalla de vídeo externa, ordenador o instrumento de pruebas> Protección ocular frente al contacto directo con una señal activa> Capacidad de captura de imágenes para la documentación de informes> Facilidad de uso en paneles de conexiones congestionados> Ideal para inspeccionar, cordones de conexión, paneles de conexiones, conectores multifibra [p. ej., MTP]> Diferentes grados de aumento disponibles (100X/200X/4000X)> Puntas de adaptación para todos los tipos de conectores disponibles> Capacidades de análisis automatizado

Para eliminar la subjetividad y garantizar un nivel común de aceptación entre proveedores e instaladores se recomienda encarecidamente utilizar una sonda de inspección de fibra de gran aumento como, por ejemplo, EXFO's FIP-400 y un software de análisis automatizado como ConnectorMax.

Las redes FTTH utilizan normalmente conectores SC/UPC o SC/APC, de modo que al usar software de análisis automatizado debe seleccionarse la norma adecuada según lo indicado a continuación:

Tabla 9. Tipos de conectores y normas asociadas

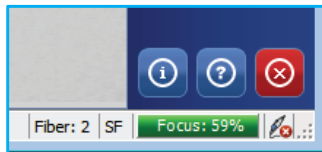
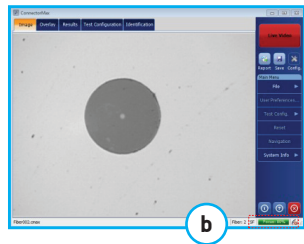
Tipo de conector	Norma de análisis
SC/UPC macho o hembra 	IEC-61300-3-35 conector UPC monomodo de una sola fibra con ORL ≥ 45 dB
SC/APC macho o hembra 	IEC-61300-3-35 conector APC monomodo de una sola fibra

Instrucciones de inspección paso a paso

Para inspeccionar correctamente conectores, siga estos pasos:

a. Conecte la sonda al conector que se inspeccionará y seleccione la norma IEC correspondiente (véase la tabla 9 en la página 39).

b. Ajuste el aumento en 400x



Si el usuario no tiene acceso a un software de análisis automatizado como, p. ej., ConnectorMax, puede realizarse una inspección manual/visual, utilizando una sonda (FIP-400) y una pantalla estándar (p. ej., pantalla FIP-400-D) para determinar si el conector es bueno o no. No obstante, al utilizar este método, el técnico debe seguir estrictos criterios de análisis y no puede tolerar defectos en la zona del núcleo o del revestimiento para garantizar un funcionamiento correcto de la red. Naturalmente, ser tan estrictos también puede tener como resultado un rechazo innecesario de conectores. De acuerdo con las recomendaciones de la norma, debe realizarse como mínimo un intento de limpieza antes de rechazar cualquier conector.

A continuación se muestra un diagrama de flujo que refleja el procedimiento de inspección recomendado por la norma IEC-61300-3-35:

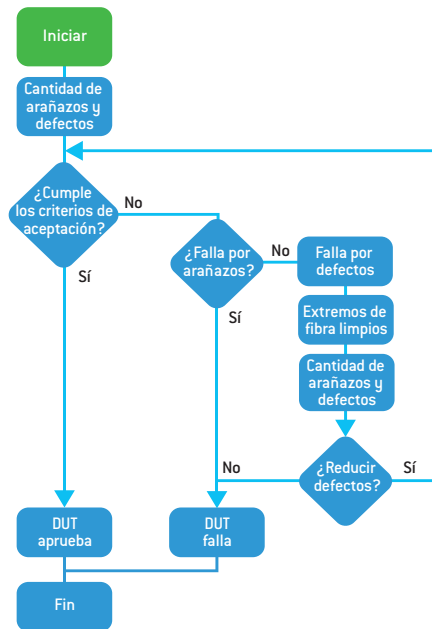



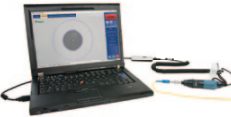


Ilustración 3-5. Diagrama de flujo del procedimiento de inspección

Buenas prácticas para el mantenimiento de conectores

- › Al realizar pruebas en un panel de conexiones solo debe destaparse el puerto correspondiente a la fibra que se comprueba—las tapas protectoras deben sustituirse inmediatamente tras la realización de las pruebas.
- › Las tapas no usadas deben mantenerse en una pequeña bolsa de plástico.
- › La esperanza de vida de un conector es normalmente de unos 500 acoplamientos.
- › Los elementos de interconexión de prueba utilizados junto con los instrumentos de pruebas deben sustituirse después de un máximo de 500 acoplamientos (consúltese la EIA-455-21A).
- › Si se utiliza un cordón de lanzamiento para la realización de pruebas OTDR, no utilice un elemento de interconexión de prueba entre el OTDR y el cordón de lanzamiento ni entre el cordón de lanzamiento y el panel de conexiones. Los cordones de lanzamiento deben sustituirse o reenviarse a los fabricantes para un nuevo pulido después de 500 acoplamientos.
- › Los conectores no acoplados no deben tocar nunca una superficie y un casquillo de conector nunca debe tocarse salvo para fines de limpieza.
- › Cada conector debe limpiarse e inspeccionarse utilizando un videoscopio después de la limpieza o antes de su acoplamiento en aplicaciones PON.
- › Los conectores de equipos de pruebas también deben inspeccionarse y limpiarse (cuando se requiera) cada vez que se utiliza el instrumento.

Tabla 10. Sondas de inspección de fibra—Configuraciones

Imagen	Descripción	Número de pieza	Recomendado Método de limpieza
	<p>Kit independiente portátil FIP-400. Esta solución básica admite solo la inspección manual. Sin capacidad de análisis y almacenamiento de datos.</p>	<p>FIP-400-SINGLE-D o FIP-400-DUAL-D</p>	<p>Seco</p>
	<p>Sonda de inspección de fibra FIP-400 utilizada en OLTS FOT-930 u OTDE AXS-110 de EXFO. Esta solución básica admite solo la inspección manual. Sin capacidad de análisis y almacenamiento de datos.</p>	<p>Opción FP4S o FP4D</p>	<p>Seco</p>
	<p>Sonda de inspección de fibra FIP-400 utilizada en plataformas portátiles de EXFO como la FTB-1 o FTB-200. Ofrece análisis, almacenamiento de datos y generación de informes automatizados en el campo en la misma unidad que el OTDR.</p>	<p>Opción FP4S o FP4D y FPSA ConnectorMax</p>	<p>Húmedo</p>
	<p>Sonda de inspección de fibra FIP-400 utilizada en un ordenador de sobremesa u ordenador portátil. Ofrece análisis, almacenamiento de datos y generación de informes automatizados.</p>	<p>IFIP-400-USB2-SINGLE o FIP-400-USB2-DUAL y FPSA-PC ConnectorMax</p>	<p>Seco</p>

Las sondas de inspección de fibra se suministran con diferentes puntas para coincidir con los diferentes tipos de conectores que se utilizan en implantaciones PON, conectores pulidos en ángulo (APC) y conectores pulidos planos (PC o UPC).

Tabla 11. Puntas de inspección FTTH comunes


Imagen	Descripción
	Punta de inspección hembra SC/APC (para paneles de conexiones)
	Punta de inspección hembra SC/APC (para paneles de conexiones)
	Punta de inspección macho SC/UPC (para elementos de interconexión de prueba / casquillo de 2,5 mm)
	Punta de inspección macho SC/APC (para elementos de interconexión de prueba / casquillo APC de 2,5 mm)

Imagen	Descripción
	Adaptador de hembra de conector OptiTap™
	Multifibra OptiTip™ tipo MT/APC
	Tubo adaptador macho para Punta FIPT-400-OTIP-MT-APC

Para ver más puntas de inspección de conectores, consulte la Guía de Inspección de Conectores de EXFO
<http://documents.exfo.com/specsheets/FIP-400-ConnectorInspection-angHR.pdf>



Accesorios de limpieza de conectores

Los conectores que no superan la inspección de extremos deben limpiarse a fondo utilizando herramientas y métodos de limpieza adecuados para evitar daños en los conectores y fallos de red.

Los principales pasos para realizar una limpieza adecuada son:

Limpieza en seco

Como primer paso se recomienda la limpieza en seco utilizando un limpiador mecánico. Pueden emplearse limpiadores mecánicos para conectores con un casquillo de 2,5 mm; también son indicados para limpiar extremos macho (elementos de interconexión) y hembra (panel de conexiones).

Si, después de dos intentos de limpieza, sigue habiendo suciedad en el conector, realiza una limpieza de combinación.



Ilustración 3-6. Limpiador mecánico

Limpieza de combinación

La limpieza de combinación es una combinación de los métodos de limpieza en húmedo y en seco e implica el uso de disolvente. El primer paso en la limpieza híbrida es limpiar el extremo del conector con un disolvente y luego secar cualquier residuo restante con una toallita o una gasa.

Si, después de utilizar el método de limpieza de combinación, el conector sigue sin satisfacer los criterios aceptables, puede considerar sustituir el conector.



Ilustración 3-7. Toallitas para fibra óptica secas QbE

Kits de limpieza e inspección

Los kits de inspección y limpieza 'todo en uno' recomendados se suministran completamente equipados. A continuación, se indican algunos ejemplos de lo que incluyen dichos kits:

1. Sonda de inspección de fibra
2. Pantalla portátil TFT de 3,5 pulgadas
3. Puntas de inspección para hembras de conectores y elementos de interconexión
4. Lápiz de limpieza Electro-Wash® MX
5. Toallitas para fibra óptica secas QbE™
6. Limpiador mecánico para conectores de 1,25 mm
7. Limpiador mecánico para conectores de 2,5 mm
8. Casete de limpieza de casquillos CLETOP®, carrete de cinta azul (tipo B), verde
9. Funda protectora de transporte impermeable al agua



Ilustración 3-8. Modelos single o dual deluxe del kit de limpieza de EXFO

Kits de inspección/certificación avanzados

Kit básico:

1. Equipo de pruebas de inspección y certificación de fibra inteligente FTB-1
2. Sonda de inspección de vídeo
3. Puntas de inspección para hembras de conectores y elementos de interconexión
4. Lápiz de limpieza Electro-Wash® MX
5. Toallitas para fibra óptica secas QbE™
6. Gasas de limpieza de 1,25 mm y 2,5 mm
7. Guante de utilidades FTB-1
8. ConnectorMax (opcional)
9. Medidor de potencia (opcional)

Kit deluxe:

1. Equipo de pruebas de inspección y certificación de fibra inteligente FTB-1
2. Sonda de inspección de vídeo
3. Puntas de inspección para hembras de conectores y elementos de interconexión
4. Lápiz de limpieza Electro-Wash® MX
5. Toallitas para fibra óptica secas QbE™
6. Limpiador mecánico para conectores de 2,5 mm
7. Limpiador mecánico para conectores de 1,25 mm
8. Guante de utilidades FTB-1
9. ConnectorMax (opcional)
10. Medidor de potencia (opcional)



Ilustración 3-9. Kits de prueba de inspección de fibra avanzados (TK-1-FIP-400)

Tabla 12. Resumen de recomendaciones—Equipos de pruebas para un mantenimiento exitoso de conectores

Nombre del producto y Productos complementarios			Uso	Características principales	Comparar con	Ventajas	Desventajas
Solución n°	Solución de Producción Principal	Productos complementarios					
1	FIP-400-D-SINGLE o FIP-400-D-DUAL	Ninguno	Inspección de conectores	<ul style="list-style-type: none"> > Solución básica que permite la inspección manual > Incluye una sonda de inspección de vídeo y una pantalla de campo portátil 	2	<ul style="list-style-type: none"> > Fácil de transportar en el campo > Solución de inspección a un precio de nivel de entrada asequible 	<ul style="list-style-type: none"> > Sin análisis automatizado > Sin capacidad de almacenamiento de datos > Requiere un técnico con una buena comprensión del mantenimiento de conectores
2	FIP-400-USB2-DUAL-FPSA o FIP-400-USB-SINGLE-FPSA	Requiere un PC adicional	Inspección de conectores con análisis automatizado	<ul style="list-style-type: none"> > Solución completa que permite la inspección con diagnóstico automatizado (software ConnectorMax) 	1	<ul style="list-style-type: none"> > Elimina las conjeturas > Garantiza criterios de aceptación coherentes (basados en IEC/IPC) en toda la empresa > Ayuda a eliminar despachos innecesarios de unidades de servicio > Permite documentar el trabajo (almacenamiento de datos) 	<ul style="list-style-type: none"> > Requiere un PC adicional (u ordenador portátil para la aplicación de campo) > Puede ser difícil de operar en algunas aplicaciones de campo
3	FP4S-FPSA o FP4D-FPSA	Plataforma portátil: FTB-1 or FTB-200 o FTB-500	Inspección de conectores con análisis automatizado	<ul style="list-style-type: none"> > Solución completa que permite la inspección con diagnóstico automatizado (software ConnectorMax), en una plataforma adaptada al campo 	1	<ul style="list-style-type: none"> > Elimina las conjeturas > Garantiza criterios de aceptación coherentes (basados en IEC/IPC) en toda la empresa > Ayuda a eliminar despachos innecesarios de unidades de servicio > Permite documentar el trabajo (almacenamiento de datos) > Puede combinarse con otras necesidades de realización de pruebas (p. ej., OTDR) para una solución 'todo en uno' 	
					2	<ul style="list-style-type: none"> > Las plataformas son más fáciles de transportar en el campo que los ordenadores portátiles ordinarios. > Puede combinarse con otras necesidades de realización de pruebas (p. ej., OTDR) para una solución 'todo en uno' 	

3.2 Caracterización de la pérdida de inserción y la pérdida de retorno óptico

En este paso debe medirse tanto la pérdida como la atenuación de fibra de los elementos ODN para garantizar que satisfacen las especificaciones del proveedor (así como el presupuesto de pérdida; véase la sección 2.1 para más información). Como primer paso se recomienda probar/caracterizar cada fibra que conecta la OLT (oficina central) con el divisor (antes del empalme o la conexión). Esta parte de la ODN se denomina a menudo F1. También debe comprobarse cada fibra desde el divisor al ONT (de nuevo, antes del empalme o la conexión). Esta parte de la ODN se denomina a menudo F2.

Existen varias formas de caracterizar la ODN durante la construcción y pueden emplearse varios métodos de realización de pruebas para medir parámetros clave como, p. ej., IL y ORL. Por ejemplo, las redes empalmadas proporcionan puntos de acceso limitados para realizar pruebas en comparación con una ODN conectorizada.

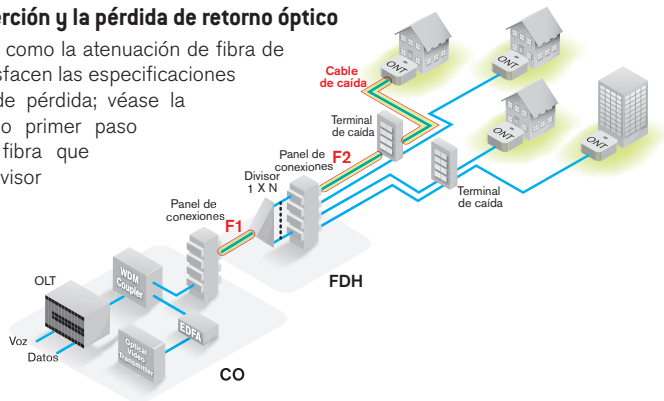


Ilustración 3-10. Secciones de fibra en una ODN FTTH

La ilustración 3-11 de debajo muestra diferentes configuraciones de ODN empalmada. En el escenario A, la fibra podría implantarse hasta las instalaciones y la caracterización podría realizarse una vez que todos los elementos estén empalmados entre sí, mientras que en otras situaciones sería más apropiada una metodología diferente.

La siguiente sección explica como se realiza la caracterización durante la fase de construcción, utilizando las siguientes herramientas de medición:

- > Equipo de pruebas de pérdida óptica (OLTS)
- > Soluciones basadas en reflectometría:
 - > Reflectómetro de dominio temporal (OTDR) tradicional
 - > Mapeador inteligente de enlaces ópticos (iOLM)

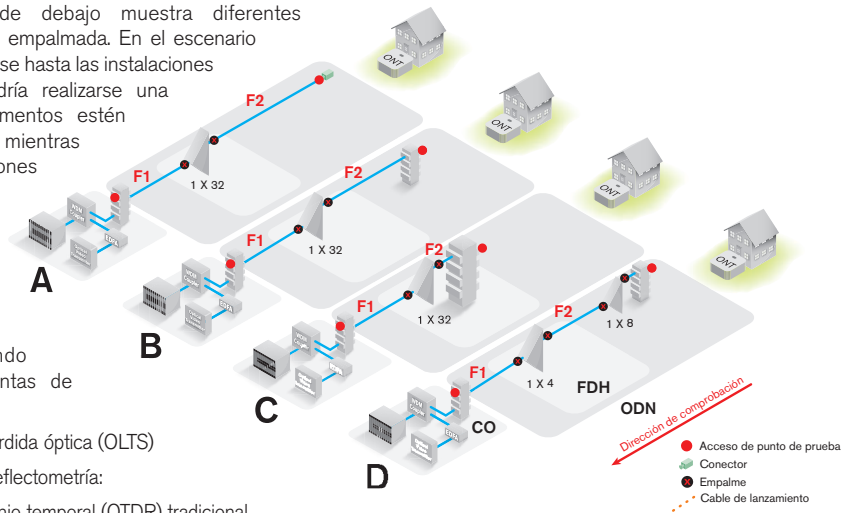


Ilustración 3-11. Ejemplos de ODNs empalmadas

3.3 Las herramientas y los enfoques

Un **OLTS automatizado** determina la cantidad total de pérdida o atenuación en un tramo de fibra bajo prueba sometido a pruebas. En un extremo de la fibra una fuente de luz estable emite una señal formada por una onda continua a una longitud de onda específica. En el otro extremo, el medidor de potencia óptica detecta y mide el nivel de potencia de esa señal. Para obtener resultados precisos, el medidor de potencia debe estar calibrado para la misma longitud de onda que la señal entrante. En términos muy generales, la diferencia en nivel de potencia de la señal medida en los extremos de transmisión y recepción se corresponde con la pérdida de la fibra sometida a pruebas. En comparación con un OTLS estándar, la versión automatizada tiene una fuente y un medidor de potencia integrados en cada unidad (ambos en un puerto individual) y tiene capacidades de medición ORL.

Además de medir la IL y la ORL total, un **OTDR** identifica y localiza específicamente eventos individuales en un tramo de fibra óptica, el cual normalmente está formado por secciones de fibra unidas por conectores y empalmes. La prueba de reflectometría es de un único extremo y la realiza un solo técnico. La unidad transmite señales de luz por pulsos a lo largo de un tramo de fibra en el que se produce dispersión de luz a causa de discontinuidades como conectores, empalmes, dobleces y fallos. A continuación, el OTDR detecta y analiza las partes de las señales que son devueltas por reflexiones de Fresnel y retrodispersión de Rayleigh. El método OTDR es muy preciso, pero puede ser complejo y laborioso.

La herramienta de pruebas más reciente para esta aplicación es el mapeador inteligente de de enlaces ópticos (**iOLM**). Esta herramienta utiliza el mismo método que el OTDR, pero realiza automáticamente el procedimiento de prueba. Lo hace utilizando diferentes amplitudes de pulsos para caracterizar completamente las diversas secciones de una red FTTH, caracterizándose cada sección con el pulso óptimo. Posteriormente, el iOLM agrupa toda esta información en una Vista de enlaces única y global; el operador no necesita comparar manualmente resultados a diferentes pulsos como un OTDR tradicional. El iOLM indica la pérdida y la ORL del enlace, además de identificar todos los elementos de la red como empalmes, divisores y conectores. También proporciona los valores de pérdida y reflectancia de los elementos identificados y cuando un elemento específico del propio enlace recibe un veredicto de "error", ofrece un diagnóstico para ayudar al operador a resolver el problema. La rutina completa dura entre 30 y 60 segundos, en función de la complejidad de la red.

Una técnica de medición basada en reflectometría es la única forma de caracterizar completamente la pérdida de empalme. Para poder determinar la pérdida real de un empalme es indispensable un análisis bidireccional, ya que las mediciones unidireccionales pueden ser contradictorias; por ejemplo, una dirección podría mostrar una pérdida exagerada mientras que la otra podría mostrar una ganancia.

Esto sucede cuando se empalman dos fibras con diferentes diámetros de campo; p. ej., fibra G.652 empalmada con fibra G.657. Tomando como base el análisis de ensayos de campo, parece ser cada vez más común que los operadores realicen pruebas bidireccionales cuando el valor absoluto del empalme en una dirección supera un valor específico. Muchas veces las técnicas de realización de pruebas vendrán dictadas por la forma en que están conectados los elementos ODN, es decir, empalmados o conectorizados. Las redes que utilizan empalmes no tendrán acceso a los mismos puntos de pruebas que las redes que utilizan conectores.

Las siguientes páginas mostrarán los diferentes métodos de realización de pruebas que pueden utilizarse para caracterizar la IL/ORL en una red empalmada y conectorizada.

3.4 Técnicas basadas en OTDR

Los métodos y herramientas de realización de pruebas basados en reflectometría como OTDRs y iOLMs ofrecen la caracterización IL/ORL durante la fase de construcción, pero también detectarán y localizarán los siguientes problemas, en caso de darse en el enlace:

- › Desalineación fibra-conector
- › Desajuste de fibra
- › Pérdida de empalme
- › Conectores de pérdida elevada o reflectivos
- › Ramificaciones de divisor de pérdida elevada
- › Roturas de fibra
- › Atenuación de sección de fibra (dB/km)
- › Macrocurvaturas

Los dos escenarios descritos a continuación pondrán de relieve la diferencia principal entre un OTDR tradicional y las tecnologías avanzadas como el mapeador de enlaces ópticos inteligentes (iOLM), una aplicación revolucionaria basada en OTDR.

OTDR tradicional

La ilustración 3-12 muestra los posibles puntos de prueba en los que puede conectarse el OTDR para realizar la caracterización de una ODN empalmada.

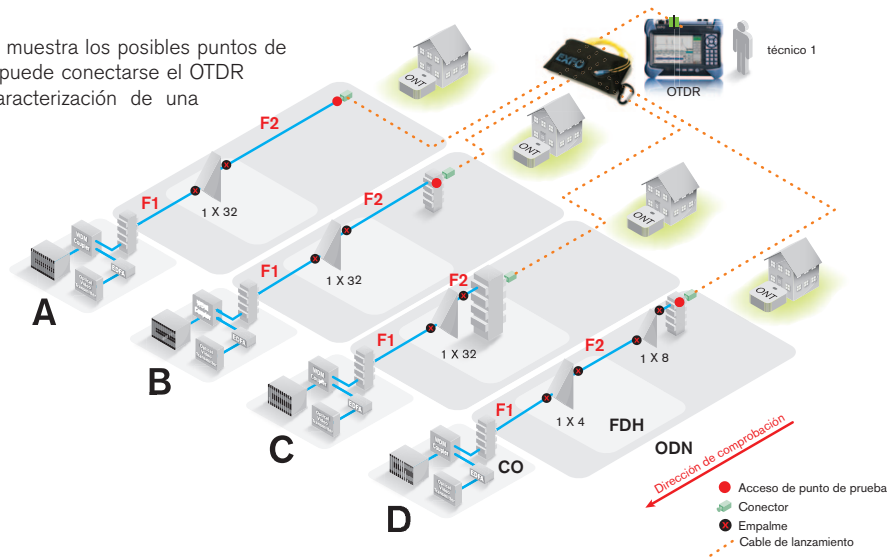


Ilustración 3-12. Caracterización de ODN empalmada utilizando un OTDR

Téngase en cuenta que el siguiente ejemplo incluye una fibra de lanzamiento (consúltese el Anexo A para obtener más información sobre el uso de fibra de lanzamiento y recepción).

La técnica OTDR recomendada es comenzar usando una amplitud de pulso corta para calificar la primera parte del enlace (el cable de caída) de forma ascendente hasta el divisor. Una amplitud de pulso corta ofrece alta resolución para garantizar que el conector de extremo delantero, el conector/empalme del punto de caída o cualquier otro evento entre cortos espacios a lo largo de las fibras de caída satisfagan las especificaciones predeterminadas y que todos los empalmes se encuentren dentro de límites aceptables.

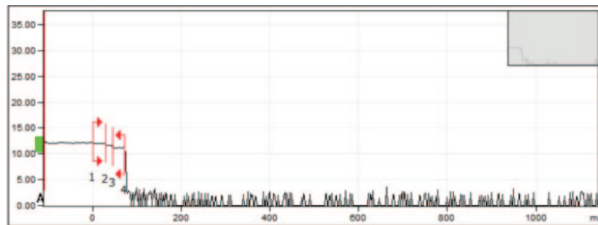
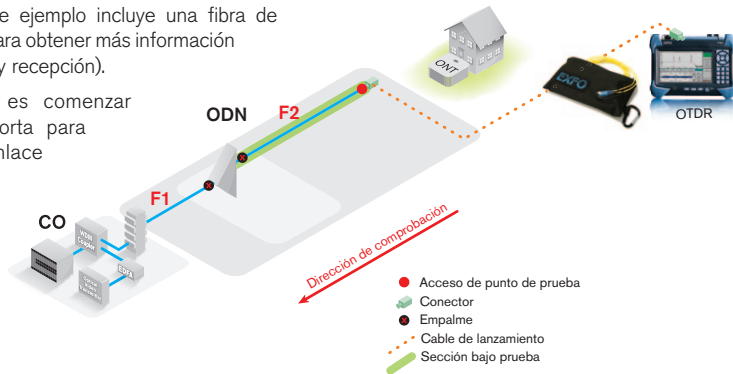


Ilustración 3-13. Curva OTDR utilizando una amplitud de pulso corta

Utilizando una amplitud de pulso de 5 ns a 10 ns, un técnico experimentado verifica el primer conector e identifica todos los elementos de un enlace, hasta el divisor; utilizar una amplitud de pulso corta ofrece mejor resolución y una localización sencilla de conectores o empalmes problemáticos.

Posteriormente se lanza una segunda adquisición utilizando una amplitud de pulso media; esta ofrece un mejor rango dinámico a la vez que mantiene una buena resolución. El técnico mide la pérdida en el divisor para verificar si se encuentra dentro de límites aceptables.

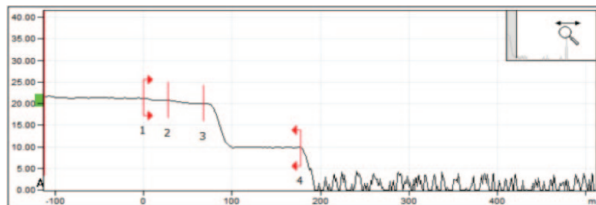
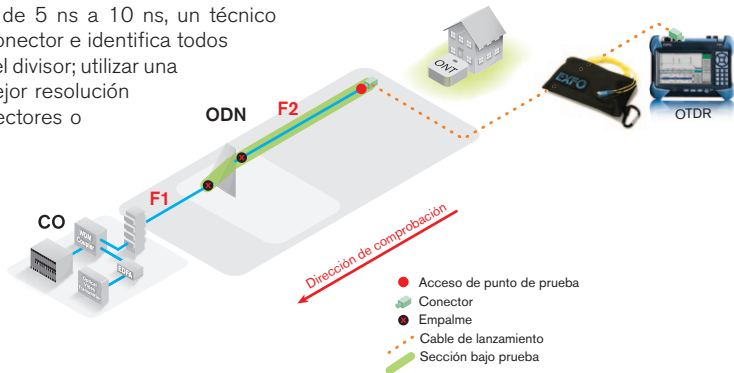


Ilustración 3-14. Una curva OTDR utilizando una amplitud de pulso media

Utilizando una amplitud de pulso más larga que para el primer tramo, un técnico experimentado califica la zona del divisor y posiblemente la parte entre dos divisores. En función de los resultados, el técnico podría tener que repetir este segundo paso para encontrar el pulso óptimo para medir la pérdida de divisor y/o la pérdida de extremo a extremo.

Por último, el técnico completa la prueba con una amplitud de pulso que tenga suficiente rango dinámico para permitir una calificación de pérdida de extremo a extremo. Una amplitud de pulso larga proporciona el rango dinámico requerido, pero ofrece una menor resolución, esto también puede guardar relación con una zona muerta más larga, que no identificará eventos entre espacios cortos situados la parte delantera y posiblemente la primera fase del divisor.

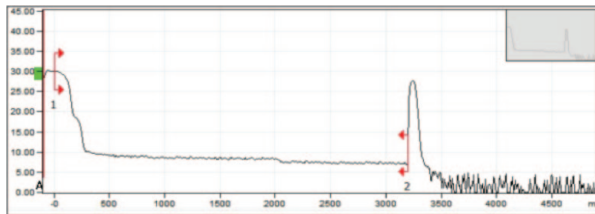
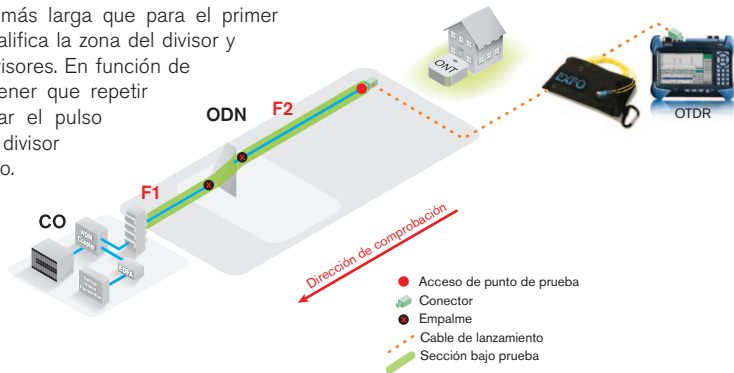


Ilustración 3-15. Curva OTDR utilizando una amplitud de pulso larga

Este proceso tiene como resultado tres o cuatro curvas OTDR que deberán agruparse. Se requieren buenas habilidades OTDR para determinar las amplitudes de pulso correctas a fin de probar el enlace así como para analizar los resultados OTDR. Se empleará mucho tiempo comparando resultados a amplitudes de pulso diferentes para determinar cuál ofrece la mejor medición para cada sección y evento. Además, si al final debe proporcionarse un informe individual, también se necesitará tiempo adicional para extraer información de las diferentes curvas e introducir los datos en una planilla de informe personalizada. En general, el proceso completo podría durar entre 5 - 10 minutos, en función de la complejidad de la red y las habilidades del técnico.

Para detectar macrocurvaturas, esta secuencia debe ejecutarse una segunda vez a una segunda longitud de onda (p. ej., 1310 nm y 1550 nm) para comparar la pérdida de cada evento entre ambas longitudes de onda. Por tanto, para caracterizar completamente una red FTTH debe analizarse información recogida de muchas curvas.

La ilustración 3-16 resume todos los pasos requeridos para realizar una caracterización ODN completa. Cabe señalar que para generar un informe individual que contenga todas las pruebas (tres adquisiciones OTDR e información de conector), se requerirá un post-procesamiento.

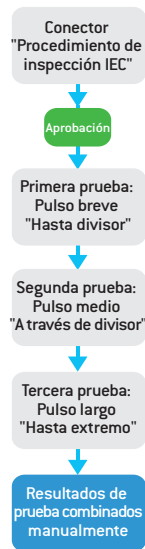


Ilustración 3-16.
Proceso de
caracterización
OTDR

Herramienta iOLM

La ilustración 3-17 muestra los posibles puntos de prueba en los que puede conectarse el iOLM para realizar la caracterización.

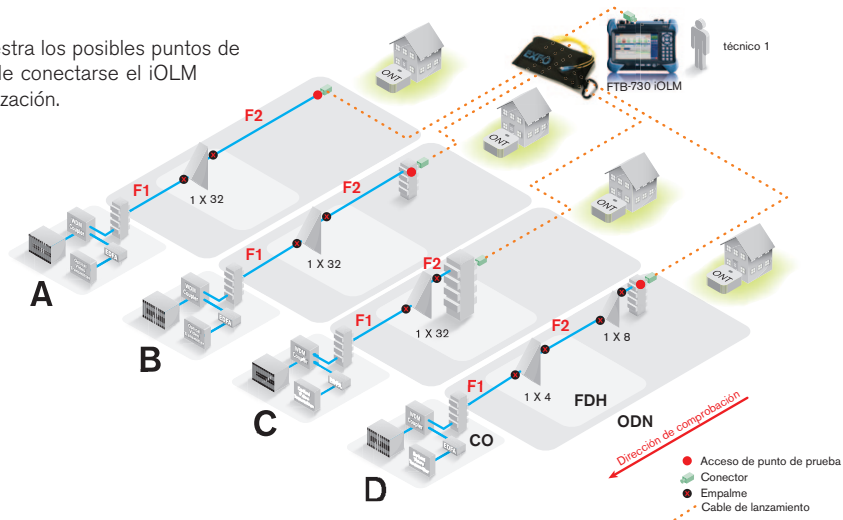


Ilustración 3-17. Caracterización de ODN empalmada utilizando un iOLM

Una vez que el usuario ha seleccionado la configuración de prueba correcta de acuerdo con la fibra sometida a pruebas, puede iniciar sencillamente la prueba. Téngase en cuenta que se caracterizará el enlace completo con una única adquisición.

Una vez completada la prueba, el iOLM mostrará los resultados de la vista de enlace; en esta representación cada elemento está identificado por un pictograma definido, lo cual ayuda al técnico a ver de forma inmediata todos los elementos en el enlace. Ver y corregir un problema resulta muy sencillo, ya que incluso un técnico principiante con una experiencia mínima en óptica podrá realizar pruebas igual que cualquier técnico experimentado, y lo hará en menos tiempo. El iOLM también puede guardar todos los resultados en un informe exhaustivo que puede transferirse fácilmente a una base de datos.

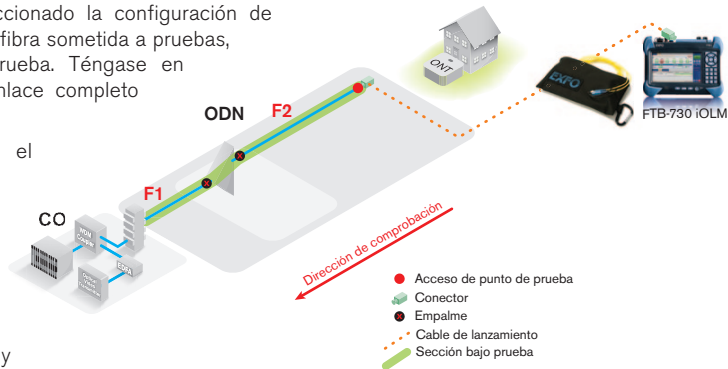


Ilustración 3-18. Realización de pruebas iOLM

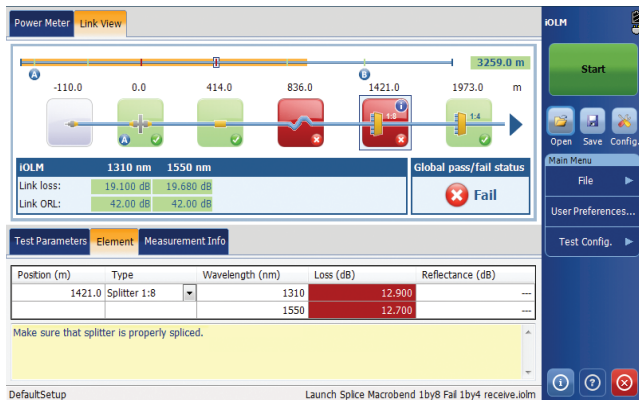


Ilustración 3-19. Vista de enlace del iOLM de EXFO

Entre la información fundamental que el iOLM proporciona están los diagnósticos, que se utilizan para proporcionar información adicional sobre problemas detectados o situaciones de medición ambiguas como, por ejemplo, la identificación de causas posibles de un estado de error de un elemento del enlace.

Como se muestra en la ilustración 3-20, el iOLM puede detectar empalmes deficientes y pedir al usuario que reconsidere volver a realizar el empalme para solucionar el problema.

Dichos diagnósticos ayudan a resolver problemas de conectores deficientes, a comprender por qué elementos del enlace están marcados como erróneos, indicar estados inesperados de instrumentos o pruebas, etc.

Los elementos del enlace con un diagnóstico asociado se marcan con un icono en la vista de enlace.

Position (km)	Type	Wavelength (nm)	Loss (dB)	Reflectance (dB)
0.2102	Splice	1310	0.000	---
		1550	1.015	---

• Make sure that the fiber is properly spliced.

DefaultSetup iOLM Results 1310 and 1550.iolm

Ilustración 3-20. Ejemplo de diagnóstico del iOLM de EXFO



Ilustración 3-21. Proceso de caracterización iOLM

La ilustración 3-21 resume los pasos requeridos para caracterizar completamente una ODN utilizando un iOLM. Cabe señalar que los informes iOLM incluyen información sobre cada elemento del enlace en un informe de prueba individual.

Como se ha indicado en las páginas anteriores, con el iOLM técnicos menos experimentados pueden realizar pruebas como si fueran técnicos expertos, y técnicos experimentados pueden realizar pruebas con mayor rapidez.

Tabla 13. Diferencias principales entre OTDR tradicional y iOLM

Características	OTDR	iOLM
Número de técnicos requeridos	1	1
Competencia técnica necesaria para realizar la prueba	Media a alta	Baja
Número de adquisiciones requeridas para caracterizar una red PON	Una media de tres en función de la complejidad del enlace. Cada adquisición estimada a una media de 45 s/longitud de onda.	1 (media de 45 segundos; la adquisición múltiple la realiza automáticamente el iOLM)
Tiempo de prueba medio por fibra	Normalmente 6-15 minutos en función de la complejidad del enlace y las habilidades del técnico.	~ 45 segundos a 1 minuto
Mapeado físico del enlace	Sí	Sí
Representación gráfica del enlace	Representación gráfica tradicional	Vista de enlace con iconos
Proporciona pérdida de inserción	Sí	Sí
Proporciona pérdida de retorno óptico	Sí	Sí
Proporciona longitud de la fibra	Sí	Sí
Puerto de realización de pruebas de fibra activa	Sí	Sí
Medidor de potencia en línea	Sí	Sí
Diagnóstico automático	Detección de macrocurvatura y estado de aprobación/error	Sí, estado de aprobación/error global e individual más información de diagnóstico para cada fallo
Prueba desde instalaciones (ONT) a CO (OLT)	Sí	Sí
Prueba desde CO (OLT) a instalaciones (ONT)	No	No
Resolución de problemas	Sí	Sí
Realización de pruebas en tiempo real	Sí	Sí
Ofrece una detección de fibra de fácil transposición	No	No

3.5 Técnicas basadas en OLTS

La ilustración 3-22 muestra los posibles puntos de prueba en los que dos unidades OLTS automatizadas pueden conectarse para realizar la caracterización.

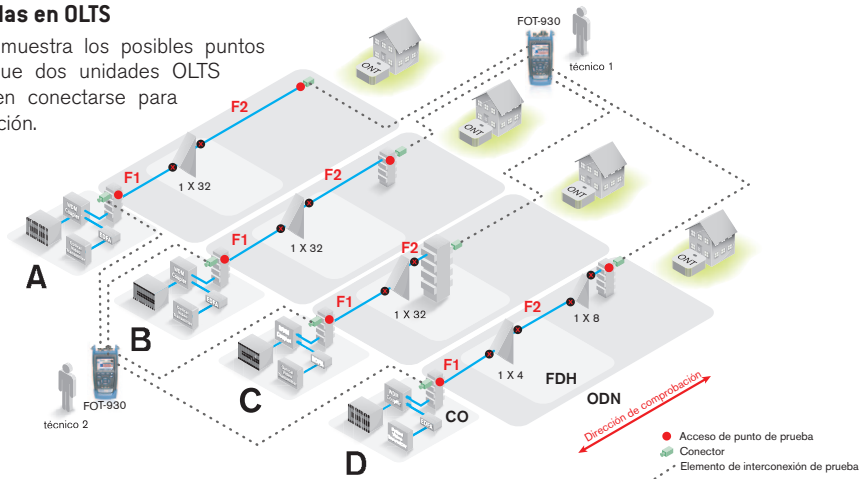

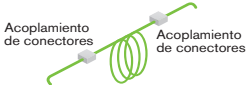


Ilustración 3-22. Configuración de prueba estándar utilizando un OLTS automatizado

La técnica de realización de pruebas consiste en utilizar una unidad en la CO y una unidad remota en los puntos de prueba de acceso disponibles en la ODN.

Antes de realizar la prueba deben referenciarse las dos unidades. La referenciación consiste en restar la pérdida causada por los componentes de configuración de pruebas (elementos de interconexión de prueba) a la pérdida global medida durante la prueba. El resultado final representará entonces la pérdida introducida únicamente por el sistema sometido a pruebas. Con un OLTS automatizado hay disponibles dos métodos de referenciación. La tabla 14 muestra las características principales de cada método.

Tabla 14. Métodos de referenciación FOT-930

	Método en paralelo (Mejor)	Método de prueba de retorno
Descripción	Referencia tomada con ambas unidades juntas utilizando sus puertos más rápidos. Valor ligeramente más preciso que el método de prueba de retorno.	Referencia tomada de forma separada en cada unidad (puerto más rápido conectado al puerto del medidor de potencia).
Ubicación de unidades	Deben encontrarse en el mismo lugar.	Pueden encontrarse en distintos lugares.
Pérdida incluida en resultado más rápido	Pérdida debida al sistema sometido a pruebas y acoplamiento de un conector.  <p>Sistema bajo prueba</p>	Pérdida debida al sistema sometido a pruebas y los acoplamientos de dos conectores.  <p>Sistema bajo prueba</p>
Elementos a considerar	No incluye una referencia ORL ni una medición de cero ORL. Para obtenerlas, utilice el panel de medidor ORL Con una referenciación múltiple, puede coordinar una FTB-3930 con hasta 10 unidades 10 FOT-930.	Al medir ORL (medidor más rápido u ORL), tiene en cuenta la pérdida de conector y ajusta la calibración ORL correspondientemente. No recomendado para enlaces cortos.

Normalmente la unidad en la CO (conectada a la F1) no requiere asistencia una vez realizada la referenciación y conectado el instrumento en la fibra de entrada (en este caso, F1) de la PON sometida a pruebas. Un técnico en la ODN acude a diferentes lugares de caída, realizando pruebas automatizadas; la unidad en la CO simplemente responderá a una solicitud de realización de pruebas desde la unidad remota e iniciará la realización de pruebas automatizada IL y ORL.

Soluciones OLTS automatizadas avanzadas como, por ejemplo, FTB-3930 de EXFO junto con el FOT-930, pueden permitir a múltiples técnicos acceder a la misma unidad. Dado que el FTB-3930 puede gestionar hasta 10 referencias, puede colocarse en la CO, conectado al enlace sometido a pruebas. Los técnicos en el campo, equipados con FOT-930s pueden utilizar la unidad en la CO para realizar la prueba. Téngase en cuenta que una vez realizada la referenciación no se necesitarán técnicos para operar el FTB-3930 y todos los resultados pueden guardarse automáticamente en esta unidad principal en la CO.

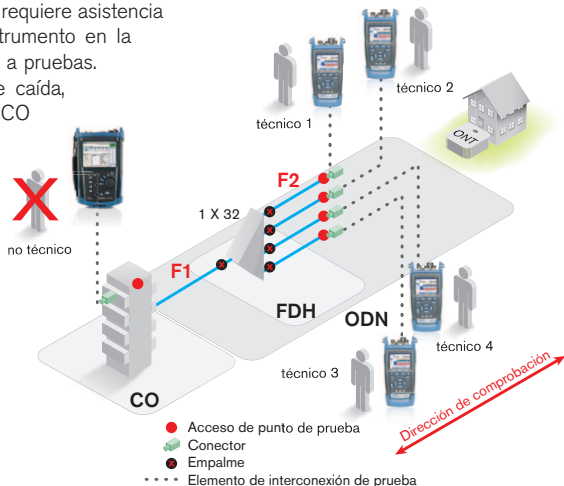


Ilustración 3-23. Caracterización optimizada utilizando el FTB-3930 con FOT-930

La tabla 15 pone brevemente de manifiesto las diferencias principales entre un OLTS automatizado y un OTDR o iOLM:

Tabla 15. OLTS automatizado—Tabla de comparación tecnológica

Características	OLTS	OTDR	iOLM
Número de técnicos requeridos	1	1	1
Competencia técnica necesaria para realizar la prueba	Baja	Media a alta	Baja
Número de adquisiciones / pruebas por fibra	1	Una media de tres para caracterizar completamente todos los elementos. Cada adquisición estimada a una media de 45 s/ longitud de onda	Media de 45 segundos, incluye todas las longitudes de onda
Tiempo de prueba medio por fibra*	10 a 15 segundos	2,5 minutos	45 segundos
Mapeado físico del enlace	No	Sí	Sí
Representación gráfica del enlace	No	Representación gráfica tradicional	Vista de enlace
Proporciona pérdida de inserción	Sí	Sí	Sí
Proporciona pérdida de retorno óptico	Sí	Sí	Sí
Proporciona longitud de la fibra	Sí	Sí	Sí
Diagnóstico automático	No	Sí, pero limitado (detección de macrocurvatura)	Sí
Prueba desde instalaciones (ONT) a CO (OLT)	Sí	Sí	Sí
Prueba desde CO (OLT) a instalaciones (ONT)	Sí	No	No
Resolución de problemas	No	Sí	Sí
Realización de pruebas en tiempo real	No	Sí	Sí
Ofrece una detección de fibra de fácil transposición	Sí	No	No

Al contrario que las ODNs empalmadas, las ODNs conectorizadas proporcionan más puntos de acceso de pruebas. La ilustración 3-24 muestra cuatro configuraciones de ODN conectorizada típicas. En el escenario B, la fibra podría implantarse hasta un terminal de distribución y la caracterización podría realizarse desde esa ubicación. La conectorización de la fibra restante podría realizarse una vez que el cliente decida abonarse al servicio. Pese a que esas diferencias existen, las técnicas de pruebas para ODNs conectorizadas son básicamente las mismas que para ODNs completamente empalmadas. La única diferencia principal en lo que se refiere a la realización de pruebas es que las ODNs conectorizadas ofrecen puntos de acceso múltiples, lo cual es una clara ventaja para la resolución de problemas.

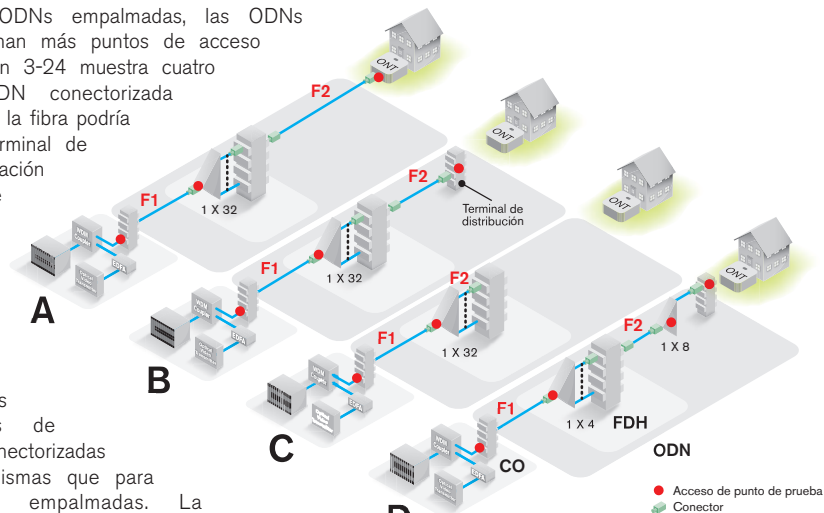


Ilustración 3-24. Ejemplos de ODNs conectorizadas

4

Procedimientos de realización de pruebas. Fase de activación



4. Procedimientos de realización de pruebas.

Fase de activación

La activación del servicio está asociada a lo que se conoce como la puesta en funcionamiento de servicios "home-connect". Este proceso incluye la conexión entre el punto de caída de fibra (FDP) y el terminal de red óptica (ONT) en las instalaciones del cliente.

Para validar la integridad de la última milla, las mismas pruebas IL y ORL realizadas durante la fase de construcción pueden repetirse en el cable de caída antes de instalar el ONT.

Dado que las redes FTTH enlazan una ubicación con múltiples ubicaciones (es decir, son redes P2MP), cada fibra de caída se corresponde con un cliente específico u ONT.

Es indispensable medir todas las señales ópticas pasivas (en sentido descendente:

1550/1490 nm, y ascendente: 1310 nm) para cada

cliente para eliminar problemas de presupuesto de potencia

durante la puesta en funcionamiento del servicio. Es importantísimo implementar una correcta gestión de fibra para reducir problemas relacionados con la pérdida de empalme, conectores, macrocurvaturas y errores humanos.

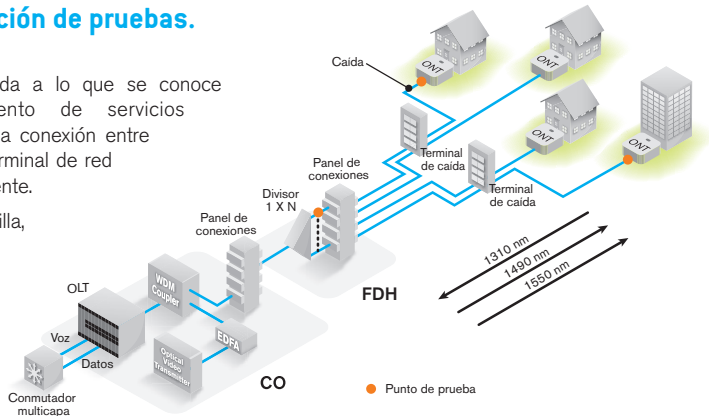


Ilustración 4-1. Puntos de pruebas durante la activación

4.1 Realización de pruebas de potencia en redes ópticas pasivas

Lecturas de potencia erróneas conducen a menudo a discrepancias entre los valores medidos y las especificaciones del fabricante; esto es particularmente válido para aplicaciones PON. Por tanto, para fines de medición y documentación resulta crucial emplear medidores de potencia específicos para PON y precisos con una fiabilidad probada.

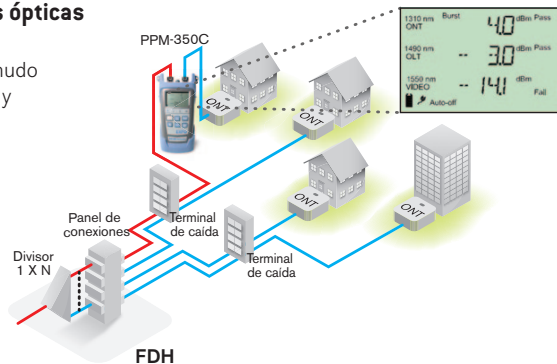


Ilustración 4-2. Lectura de potencia PON

Las exigencias mínimas para medidores de potencia PON son:

- › Capacidad de medir transmisiones tanto ascendentes (a 1310 nm) como descendentes (a 1490 nm y 1550 nm)
- › Capacidad de medir señales de ráfaga ascendentes (a 1310 nm; véase la ilustración 4-3)
- › Capacidad de guardar resultados y generar informes coherentes para la integración con bases de datos de resultados ODN (OLTS y OTDR)

La verificación de los niveles ópticos en varias ubicaciones a lo largo de la misma ruta de fibra ayuda a detectar problemas y/o componentes defectuosos antes de activar un servicio al cliente. Puesto que los problemas de redes FTTH a menudo están causados por conectores dañados o sucios, la inspección de los componentes reduce en gran medida la resolución de problemas, ya que se verifican los niveles de potencia para cada sección de la red. También es muy recomendable inspeccionar cada punto de conexión con una sonda de inspección de fibra (como, p. ej., FIP-400 de EXFO), antes de cada medición de potencia.

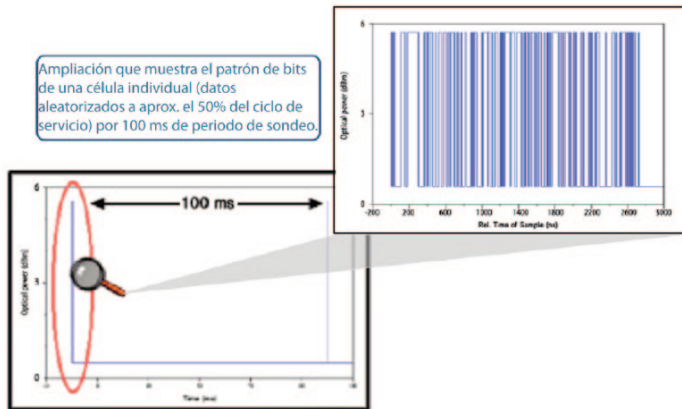


Ilustración 4-3. Señal de ráfaga ascendente transmitida por el ONT

Realización de pruebas en el FDP (punto 2)

La verificación del nivel de potencia en el terminal de caída (F2) caracteriza la fibra de distribución y los puertos del terminal de caída. Generalmente, se incluye una bandeja de empalme dentro del terminal de caída, lo cual puede causar problemas relacionados con macrocurvaturas. Para realizar la medición se conecta un medidor de potencia PON de puerto doble (vía modo de paso) a la ubicación 2 y se guardan ambos resultados en el medidor de potencia PON (con ID de ubicación del FDP).

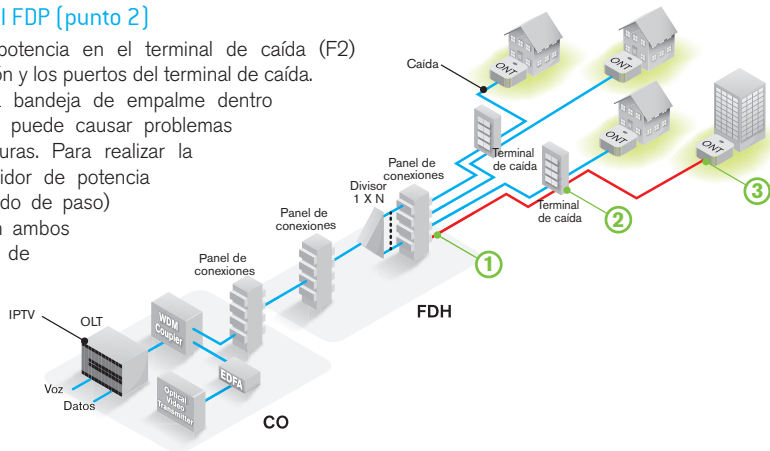


Ilustración 4-4. Realización de pruebas de activación utilizando un medidor de potencia PON

Realización de pruebas en el ONT (punto 3)

La fibra que conecta el terminal de caída a las instalaciones del cliente, también denominada *última milla o cable de caída*, normalmente se instala durante la activación del servicio. El proceso cubre la gestión de fibra, los empalmes, las obras civiles, la finalización de la instalación de la última milla y, finalmente, la realización de pruebas y verificaciones. Para garantizar servicios fiables, la red y la ONT del cliente deben cumplir las especificaciones. Para garantizar la puesta en funcionamiento del servicio se requiere una conexión de paso para caracterizar totalmente todas las longitudes de onda operativas (ascendentes y descendentes) en la PON. Un medidor de potencia PON de puerto doble se conecta a través de un paso con la ubicación 3 y ambos resultados se guardan dentro del medidor de potencia PON (con ID de ubicación del FDP). Téngase en cuenta que si no se utiliza el modo de paso solo se certificarán señales descendentes desde la CO, con lo cual se perderá la importante señal de ráfaga ascendente.

Realización de pruebas en el divisor FDH (punto 1)

Si los escenarios de realización de pruebas anteriores en los puntos 2 y 3 fallan, la ramificación del divisor deberá verificarse para garantizar que funcione correctamente. Esta sencilla evaluación permite a los usuarios confirmar que todos los componentes de la red, desde la oficina central (incluida la fibra de entrada o F1) hasta el divisor, están en buenas condiciones. Es necesaria una nueva medición de potencia PON en el punto 1 para ver si la salida del divisor se encuentra en buen estado.

4.2 Trabajar con un medidor de potencia optimizado para PON

Ya que la fase de activación del servicio a menudo la realizan subcontratistas, la protección de la autenticidad de los datos y la generación de informes se han convertido en factores principales en los despliegues de redes PON, en los que pueden generarse cientos de resultados para una única activación de redes PON. Por lo tanto, si se siguen los pasos adecuados en las activaciones diarias se garantiza un flujo de trabajo fluido y una productividad elevada.

Los medidores de potencia PON con un sistema de gestión del flujo de trabajo a bordo (como PPM-350C de EXFO) incluyen un modo de editor de trabajos así como herramientas de post-procesamiento y generación de informes.

Con el modo de editor de trabajos los gestores y los técnicos pueden preconfigurar los próximos trabajos introduciendo información sobre clientes específicos. Como se muestra en la ilustración 4-5, pueden definirse IDs de trabajo sencillas (p. ej., ID de trabajo 3); pueden corresponderse con una orden de trabajo específica, con detalles adicionales en el OSS o GIS. Una vez que se han creado estos trabajos usando una sencilla aplicación de software para PC, se pueden cargar en la unidad mediante una conexión USB.

1 - En la oficina

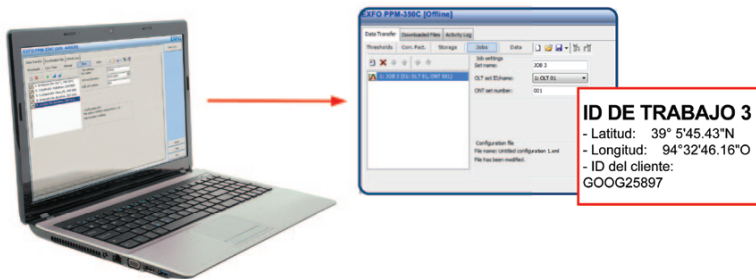
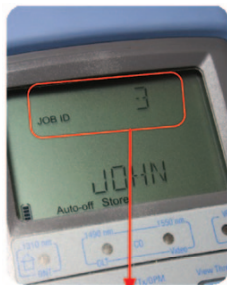


Ilustración 4-5. Denominación de datos PPM-350C en la oficina

En el campo, los técnicos simplemente seleccionan la ID de trabajo correcta, realizan las pruebas y guardan los resultados correspondientes a ese trabajo. De vuelta en la oficina los resultados de las pruebas pueden guardarse en un ordenador y pueden generarse fácilmente informes de activación optimizados.



ID DE TRABAJO 3
- Latitud: 39° 5'45.43"N
- Logitud: 94°32'46.16"O
- ID del cliente: 25897

2 - En el campo

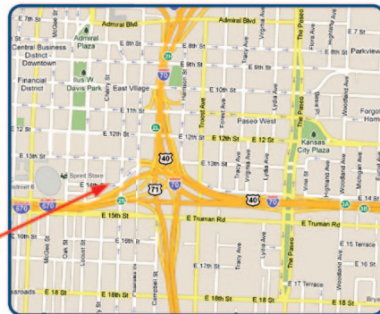


Ilustración 4-6. Denominación de datos PPM-350C en el campo

5

Procedimientos de realización de pruebas. Fase de mantenimiento



5. Procedimientos de realización de pruebas. Fase de mantenimiento

Cuando el servicio se activa en una red óptica pasiva (PON), las señales de telefonía, Internet de alta velocidad y vídeo se envían desde el terminal de línea óptico (OLT) en la oficina central (CO) a varios terminales de red ópticos (ONTs) en diferentes ubicaciones de clientes residenciales. En esta situación, si uno de los ONTs falla y no puede reiniciar su sincronización con el OLT, esta ramificación de la PON se vuelve inactiva y el cliente asociado con esta ramificación pierde el servicio. El resultado es que se llama a un técnico para resolver el problema y reiniciar el servicio.

5.1 Resolución de problemas de sistemas activos

El primer paso del técnico al resolver problemas de un sistema activo es localizar e identificar la fuente del problema óptico en lo que puede ser una topología de red óptica compleja que incluya varios divisores, fibras y ONTs. La ilustración 5-1 en la siguiente página muestra una topología de red con múltiples divisores. Los números indican las diferentes zonas en las que puede estar localizado un problema. Si se produce una rotura en el cable entre el OLT y un divisor descendente, todos los ONT descendentes desde ese divisor se verán afectados; no obstante, si un problema como macrocurvaturas o conectores sucios causa una pérdida de potencia óptica en algún lugar de la red solo se verán afectados algunos ONTs descendentes. Dado que la atenuación en cables de fibra óptica es proporcional a la longitud, ONTs distantes recibirán una señal óptica descendente más débil que los más cercanos. Las señales ópticas ascendentes recibidas en la CO desde ONTs más distantes también son más débiles y el OLT detectará ese descenso en el rendimiento.

Algunos de los problemas que pueden producirse en una red FTTH son:

- > El nivel de potencia óptica en uno o más ONTs no alcanza el nivel de potencia mínimo especificado
- > Pérdida de señal (no hay potencia)
- > BER mayor o señal degradada (puede deberse a una potencia insuficiente)
- > Problema de hardware con un componente activo (en ONT o CO)

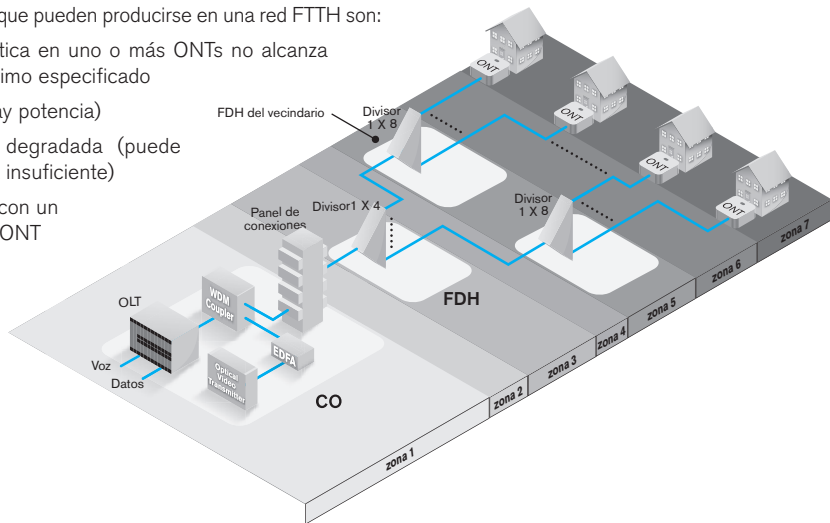


Ilustración 5-1. Zonas de resolución de problemas en una red FTTH típica

Dado que la mayoría de los componentes en la red son pasivos, los problemas se deben a menudo a conectores sucios/dañados/desalineados o roturas/macrocurvaturas en el cable de fibra óptica. Estos afectarán a uno, varios o todos los abonados en la red, en función de la ubicación del problema.

La zona de fallo puede aislarse utilizando el siguiente equipo:

› **Medidor de potencia PON:**

Este instrumento se conecta como un dispositivo de paso lo que permite al tráfico descendente y ascendente viajar sin impedimentos. Mide la potencia en cada longitud de onda simultáneamente. También detecta la potencia de ráfaga del tráfico ATM. Este medidor puede utilizarse para resolver problemas en cualquier punto de la red (véase la ilustración 5-2).

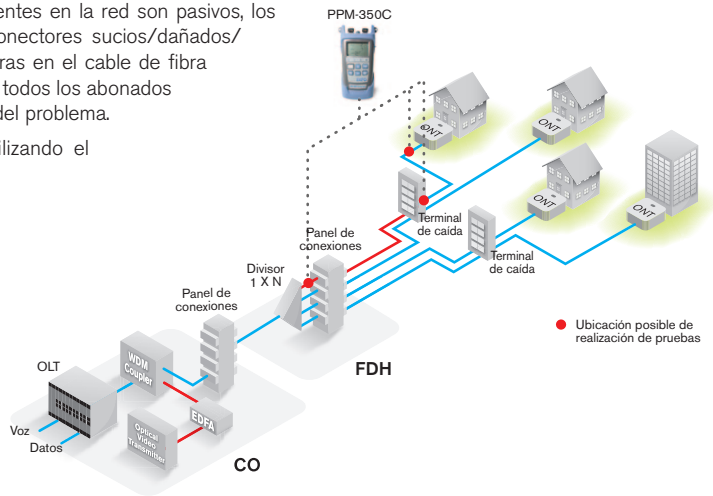


Ilustración 5-2. Utilización de un medidor de potencia PON para resolver problemas en varios puntos de una red FTTH

Pese a que un medidor de potencia PON puede ayudar a aislar la zona afectada, no puede indicar una ubicación exacta del fallo. Para localizar físicamente la ubicación de un fallo el técnico debe utilizar lo que denominamos un OTDR optimizado para PON o iOLM con un puerto dedicado para realizar pruebas a 1625 o 1650 nm e incorporar un filtro que rechace todas las señales no deseadas (1310, 1490 y 1550 nm) que podrían contaminar la medición OTDR-iOLM.

Solo se permite que pase por el filtro la señal OTDR o iOLM a 1625 o 1650 nm, con lo cual se genera una medición OTDR o iOLM precisa. La resolución de problemas de fibra óptica OTDR o iOLM en servicio debe hacerse de modo que no interfiera con el funcionamiento normal y el rendimiento esperado de los canales de información. La realización de pruebas a 1625 o 1650 nm hace exactamente eso.

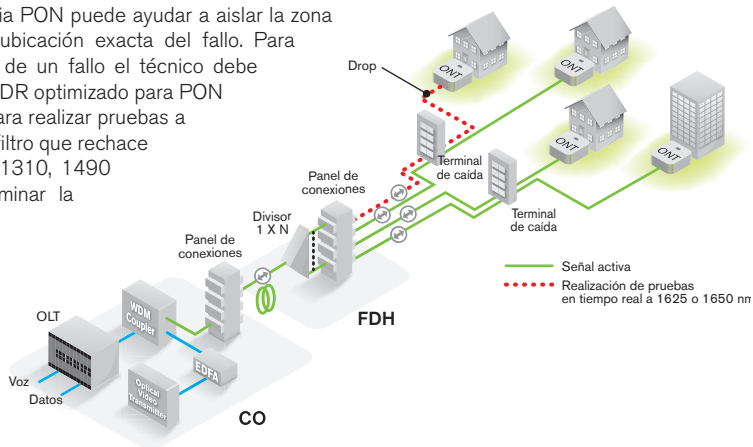


Ilustración 5-3. Realización de pruebas en tiempo real con OTDR o iOLM

Un OTDR o iOLM optimizado para PON no interfiere con los láseres de transmisores de la CO, ya que la longitud de onda 1650 nm cumple la recomendación ITU-T: *Longitud de onda de mantenimiento en fibras que transportan señales*. Esta recomendación ITU-T propone una diferencia de 100 nm entre la longitud de onda OTDR o iOLM utilizada para el mantenimiento en servicio y la longitud de onda de transmisión más próxima, en este caso 1550 nm. También puede ser ventajoso agregar un filtro de banda ancha que actúe como puerto de realización de pruebas 1625 o 1650 nm en el acoplador WDM de la CO. En consecuencia, la calidad del servicio prestado a otros abonados servidos por el mismo divisor 1xN no se ve afectada. Armado con esta tecnología, el técnico puede conectar el puerto 1625 o 1650 del OTDR o iOLM al ONT y enviar la señal hacia la CO (ilustración 5-3). Si se añade un puerto de realización de pruebas 1625 o 1650 nm a la CO también es posible realizar pruebas en la sección F1 desde la CO hasta el ONT pero podría requerirse un filtro 1625 nm o 1650 nm en cada ONT.

Otro escenario de pruebas que puede considerarse es el uso de un medidor de potencia en línea añadido a un OTDR o iOLM optimizado para PON. Este tipo de medidor de potencia utiliza la misma ruta óptica (véase la ilustración 5-4) que el OTDR o iOLM. La ventaja de dicho medidor de potencia reside en el hecho de que el puerto de pruebas no necesita desconectarse o cambiarse para realizar una medición de potencia o una prueba de OTDR o iOLM. Otra particularidad de este tipo de medidor de potencia es que pueden distinguirse dos señales/longitudes de onda que viajan por la misma fibra. Esto es muy útil en aplicaciones FTTH, ya que a menudo existen dos longitudes de onda descendentes (1490 y 1550 nm) que viajan hacia el ONT (las instalaciones). Al igual que un medidor de potencia PON, utilizando este medidor de potencia, el usuario podrá aislar cada señal y medir sus correspondientes niveles de potencia.

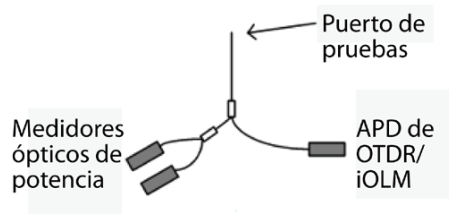


Ilustración 5-4. Medidor de potencia en línea

Dichas capacidades en el mismo puerto que el puerto filtrado OTDR o iOLM ofrecen una gran ventaja para la resolución de problemas al contribuir a localizar rápidamente un fallo y solucionar el problema. Todo lo que el técnico necesita hacer es conectar la fibra que debe comprobarse al puerto con el medidor de potencia en línea y comprobar el nivel de potencia de las señales.

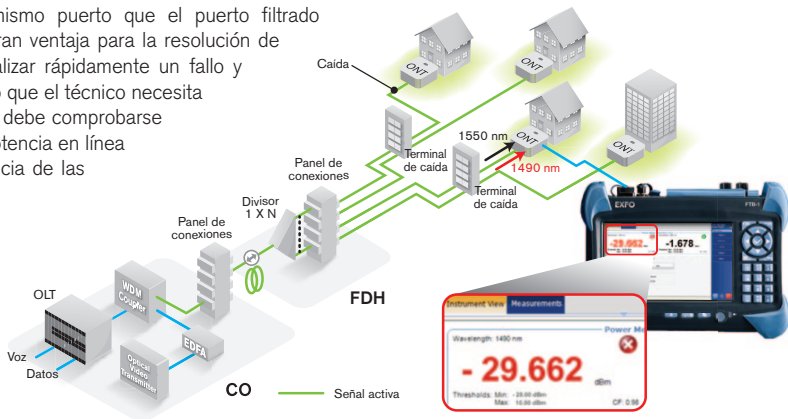


Ilustración 5-5. Realización de pruebas con un medidor de potencia en línea

Si existe un problema con una de las señales (como se muestra en la ilustración 5-5), el técnico puede lanzar simplemente la aplicación OTDR o iOLM, seleccionar el modo de realización de pruebas en tiempo real y localizar el problema (ilustración 5-6).

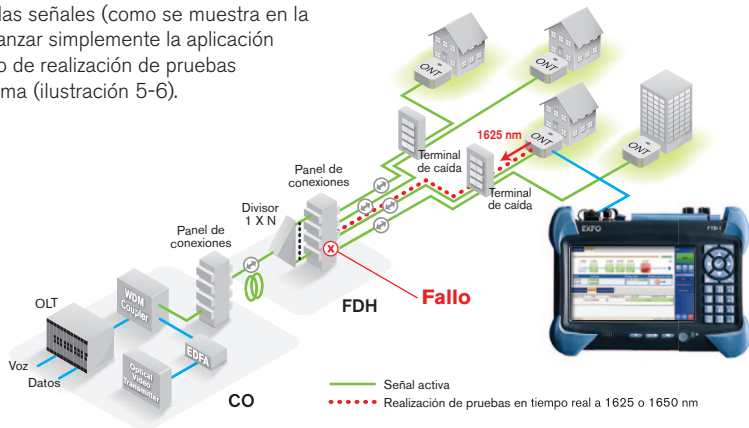


Ilustración 5-6. Realización de pruebas en tiempo real con un iOLM

6

Documentación de la prueba



6. Documentación de la prueba

Pese a que la documentación de pruebas de red es muy útil al planificar y ampliar la capacidad de la red (ancho de banda, encaminamiento), la mayoría de las personas piensa en la necesidad de documentación cuando se produce un problema. Cuando la red está inactiva se pierde normalmente productividad y no se puede prestar un respaldo a los clientes, lo cual tiene como consecuencia una elevada pérdida de ingresos. Si hay documentación de red disponible, cuando existe un problema que necesita resolverse, el equipo encargado de la resolución del problema puede obtener rápidamente una comprensión de la red y minimizar el tiempo medio de reparación, lo cual se traduce en menores costes. Una documentación correcta no solo es útil cuando se produce un problema, también contribuye a la transferencia interna y externa de conocimiento.

Otro aspecto a considerar es que muchas redes están construidas por contratistas y subcontratistas, quienes normalmente deben proporcionar informes de pruebas para cobrar. Por tanto, están obligados a guardar los resultados de prueba del trabajo realizado en el campo.

En ocasiones, las mediciones recogidas en el campo no exigirán un post-procesamiento adicional, pero, en la mayoría de los casos, se necesitará un procesamiento extra para realizar un análisis correcto, establecer diagnósticos precisos y, en última instancia, para documentar (informe de prueba o certificado de nacimiento) la red debidamente de acuerdo con las exigencias del cliente o con el estándar del propietario de la red.

Los tres pasos lógicos (tabla 16) en el post-procesamiento de datos consisten generalmente en editar, analizar y documentar los resultados de pruebas.

Tabla 16. Acciones de post-procesamiento de datos

1- Editar	2- Analizar	3- Documentar
Ajustar parámetros de cable y fibra (ej.: Información de trabajo)	Realizar análisis bidireccional por lotes OTDR	Personalización de informes
Añadir/quitar eventos OTDR-iOLM	Detectar mediciones duplicadas	Varios tipos de informes
Ajustar los umbrales de detección	Identificar fácilmente los resultados que no satisfacen las exigencias de la red	Informes combinados como:
Realizar mediciones manuales en archivos OTDR fi les		> Caracterización de fibra
Fijar umbrales de aprobación/error		> iOLM con resultados de inspección de conectores > OTDR con resultados de inspección de conectores

Emprender esos tres pasos en cientos de mediciones puede ser un auténtico desafío si sus herramientas no están integradas (software diferente para distintos tipos de medición), sin capacidades de procesamiento por lotes.

Para contribuir a reducir el tiempo empleado en el procesamiento de datos, EXFO ha desarrollado FastReporter 2. Al respaldar varios tipos de mediciones, capacidades de procesamiento en lotes y una generación de informes especializada (véase la ilustración 6-1 y 6-2), FastReporter 2 puede reducir el tiempo de procesamiento a la mitad en comparación con el tiempo requerido al utilizar otras herramientas de generación de informes.

PPM (FTTx) Service Activation Report

General information

File name: FTTx Sample.ppm OLT: OLT01
 Test date: 19/02/2009 ONT: 001
 Test time: 15:04 (GMT-05:00): 14:51 (GMT) Customer: 001
 Job ID: Job 01 Company:
 Comments:

Unit

Unit's model: PPM-352C-EA Unit's s/n: 449819

Results

Location	Wavelength (nm)	Power (dBm)	Pass / Fail / Warning Thresholds			Date / Time
			Status	Power Limit	Fail (dBm)	
ONT	1310 (Upstream)	4.900	---	Maximum 7.000 Minimum -10.000	---	2009-01-14:00: 14:51 (GMT-05:00)
	1490 (Downstream)	0.000	---	Maximum 14.000 Minimum -28.000	-23.000	
	1550 (Wide)	0.000	---	Maximum 7.000 Minimum -13.000	0.000	
SPLIT	1310 (Upstream)	4.900	---	Maximum 5.000 Minimum 1.000	2.000	2009-01-14:00: 14:51 (GMT-05:00)
	1490 (Downstream)	0.000	---	Maximum 25.000 Minimum 8.000	-22.000	
	1550 (Wide)	0.000	---	Maximum 8.000 Minimum -12.500	-9.500	

EXFO Signature: _____ Date: 2012-03-27 Page 1 from 1

Ilustración 6-1. Informe de activación PPM FTTH

iOLM + FIP Report

FIP Graphs

Link View

iOLM Table

Element Type	Position (km)	Loss (dB)	Reflection (dB)	Diagnostic
Connector (A)	0.8000	1310 nm: 0.800 1490 nm: 0.800	1490 nm: -42.0	The fiber under test is not properly connected to test end or patchcord. The connector or bulkhead is damaged, dirty or not well connected.
Splice	0.4021	---	---	Inspect and clean as needed. Make sure that the fiber is properly spliced. The excess loss could be due to an element not identified as a splitter.
Splitter 1:32	0.5049	17.200	15.148	---
Connector (B)	2.2114	---	---	-44.3 To characterize loss and locate the element in link loss and ORL, a receive fiber is required.

EXFO Signature: _____ Date: 2011-10-05 Page 2 sur 2

Ilustración 6-2. Informe iOLM y FIP



Abreviaturas y acrónimos

7. Abreviaturas y acrónimos

ADS	Servicio digital adicional
ADSL	Línea asimétrica de abonado digital (basada en cobre)
APC	Contacto físico en ángulo/ conector pulido en ángulo
APD	Fotodiodo de avalancha (detector)
ATM	Protocolo de modo de transferencia asíncrona
BER	Velocidad de transferencia de bits erróneos (ITU-T utiliza la velocidad de transferencia de bits erróneos)
BLEC	Portadora de cambio local de edificios
BPON	Red óptica pasiva de banda ancha
CD	Dispersión cromática
CDMA	Acceso múltiple con detección de colisión
CLEC	Portadora de cambio local competitiva
CO	Oficina central
CVD	Deposición química de vapor
CWDM	Multiplexación por división de longitud de onda gruesa
DBS	Servicio de retransmisión directa
DFB	Repuesta distribuida (láser)
DSL	Línea de abonado digital (basada en cobre)
DSLAM	Multiplexor digital de acceso a la línea de abonado
DUT	Dispositivo sometido a pruebas
DWDM	Multiplexación densa de división de longitud de onda

EDFA	Amplificador de fibra dopada de erbio
EFM	Ethernet en la primera milla
EFMA	Alianza Ethernet en la primera milla
EPON	Red óptica pasiva preparada para Ethernet
FBT	Fused biconic taper (acoplador/divisor de fibra)
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones (EE. UU.)
FDH	Concentrador de distribución de fibra
FDT	Terminal de distribución de fibra
FEC	Corrección de errores de transmisión
FC	Colector de fibra
FO	Fibra óptica
FP	Fabry-Perot (láser)
FSAN	Red de acceso de servicio completo
FTTB	Fibra hasta el edificio
FTTC	Fibra hasta la acera
FTTCab	Fibra hasta la estructura
FTTH	Fibra hasta el hogar
FTTN	Fibra hasta el nodo
FTTP	Fibra hasta las instalaciones
FTTx	Fibra hasta x, donde x = (H)ome (hogar), (C)urb (acera), (B)uilding (edificio), (N)ode (nodo), (P)remises (instalaciones), etc.

FUT	Fibra sometida a pruebas
GEM	Modo de encapsulado GPON
GPON	Red óptica pasiva con capacidad de 1 Gigabit
HDD	Perforación horizontal dirigida
HDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad de bits (basada en cobre)
HDTV	Televisión de alta definición
HFC	Transmisiones coaxiales de fibra híbridas
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
ILEC	Portadora de cambio local preexistente
IP	Protocolo de Internet
IPTV	Protocolo de televisión por Internet
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
ITU-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones. Sector de para la estandarización de las telecomunicaciones
LFD	Detector de fibra activa
MAN	Red de área metropolitana
MDU	Unidad de múltiples viviendas
MFD	Diámetro de campo modal
MLM	Modo multi-longitudinal (láser)
MM	Multi-modo

MMF	Fibra multi-modo
MWM	Medidor de longitud de onda múltiple
NF	Figura de ruido (ruido de un amplificador óptico en dB)
OC	Portadora óptica (velocidad de transporte)
ODN	Red de distribución óptica
ODU	Unidad de distribución óptica
OLT	Terminación/Terminal de línea óptica
OLTS	Equipo de pruebas de pérdida óptica
ONT	Terminación/Terminal de red óptica
ONU	Unidad de red óptica (ONT no transmisor)
OPM	Medidor óptico de potencia
ORL	Pérdida de retorno óptico
OSA	Analizador de espectro óptico
OSC	Canal de servicio óptico
OSNR	Tasa de señal a ruido óptica
OSP	Planta exterior
OTDR	Reflectómetro de dominio temporal óptico
P2MP	Punto a multipunto
P2P	Punto a punto
PBX	Cambio de derivación privada
PC	Conector pulido
PIN	Positivo-Aislante-Negativo (detector)

PLC	Circuito de onda de luz (o guía de luz) planar
PMD	Dispersión de modo de polarización o dependiente del medio físico
PON	Red óptica pasiva
POTS	Sistema de telefonía ordinario tradicional
PSB	Caja de supresión de pulsos
PSTN	Red de telefonía pública conmutada
QoS	Calidad del servicio
RBOC	Compañía Bell de operación regional
Rec	Recomendación de la ITU-T
RLEC	Portadora de cambio local rural
RT	Terminal remoto
Rx	Receptor
SC	Canal de supervisión o canal de servicio
SDH	Jerarquía digital sincronizada
SM	Mono-modo
SMF	Fibra mono-modo
SNR	Tasa de señal a ruido
SONET	Red óptica sincronizada
STM	Modo de transferencia sincrónica (velocidad de transferencia SDH)
TDM	Multiplexación por división de tiempo

TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo
TIA	Asociación del sector de las telecomunicaciones
Tx	Transmisor
UPC	Conector ultra-pulido
VDSL	Línea de abonado digital de muy alta velocidad (basada en cobre)
VFL	Localizador visual de fallos
VOD	Vídeo bajo demanda
VoIP	Protocolo de voz a través de Internet
WDM	Multiplexación de división de longitud de onda
xDSL	Línea genérica de abonado digital (basada en cobre)

8

Anexos



ANEXO A: Fibra de lanzamiento y de recepción

A diferencia de un OTDR tradicional, el iOLM solo requiere una fibra de lanzamiento corta (>50 m) para beneficiarse de todas las ventajas de este método de referenciación, independientemente de la longitud y la pérdida del enlace. Una fibra de lanzamiento con una longitud superior a 200 m no se recomienda para realizar pruebas en enlaces PON. Dado que el puerto de salida de un OTDR puede degradar su pérdida y los rendimientos ORL después de múltiples conexiones, se recomienda siempre el uso de un cable de lanzamiento.

El primer elemento del enlace sometido a pruebas se marca con la letra A en la vista de enlace. Un cable de lanzamiento le permite caracterizar correctamente el primer conector del enlace de fibra sujeto a pruebas (A) y excluir el desgaste del conector OTDR de la evaluación del enlace. Se tolera una cantidad razonable de degradación del conector OTDR al utilizar una interfaz APC; la ORL sigue siendo baja debido al pulido en ángulo, lo cual impide una baja resolución del extremo próximo. Al utilizar una fibra de lanzamiento, la pérdida del conector OTDR se excluye de la medición. El iOLM evalúa la pérdida de conector OTDR cada vez que se realiza una medición para informarle sobre el estado del conector. Es importante comprender que una pérdida excesiva en este conector degradará potencialmente las capacidades de medición del instrumento. Además, utilizar un cable de lanzamiento contribuirá a proteger su conector OTDR limitando el número de conexiones realizadas directamente en ese conector. Es más fácil reparar o sustituir un cable de lanzamiento que sustituir el conector OTDR.

El último elemento del enlace sometido a pruebas se marca con la letra B en la vista de enlace. Un cable de fibra de recepción puede utilizarse en el extremo del enlace frente al módulo de pruebas para caracterizar el último conector del enlace (B) e incrementar la precisión del resultado de pérdida de inserción total comparando el nivel diferencial de dos fibras conocidas (para evitar errores como consecuencia de diferentes coeficientes de retrodispersión de la fibra utilizada en el enlace). Si no se utiliza un cable de recepción, la aplicación iOLM podrá medir la posición y la ORL de este conector en estado desacoplado, pero no su pérdida. No se mostrará un estado de aprobación/error para ese conector. La longitud requerida de la fibra de recepción dependerá de la pérdida del enlace sometido a pruebas. Una pérdida más elevada requiere un pulso más largo para alcanzar el nivel de fibra de recepción. A diferencia de la fibra de lanzamiento, la fibra de recepción tiene las mismas limitaciones que las de un OTDR tradicional. La comprobación de un tramo de fibra de 1 km con menos de 2 dB de pérdida requerirá solo 100 m de fibra de recepción. Comprobar un enlace PON de 23 dB requerirá una fibra de recepción de 500 m - 2 km, en función de la longitud de la fibra después de cada divisor.

Herramienta iOLM

La ilustración 8-1 muestra los posibles puntos de prueba en los que puede conectarse el iOLM para realizar la caracterización.

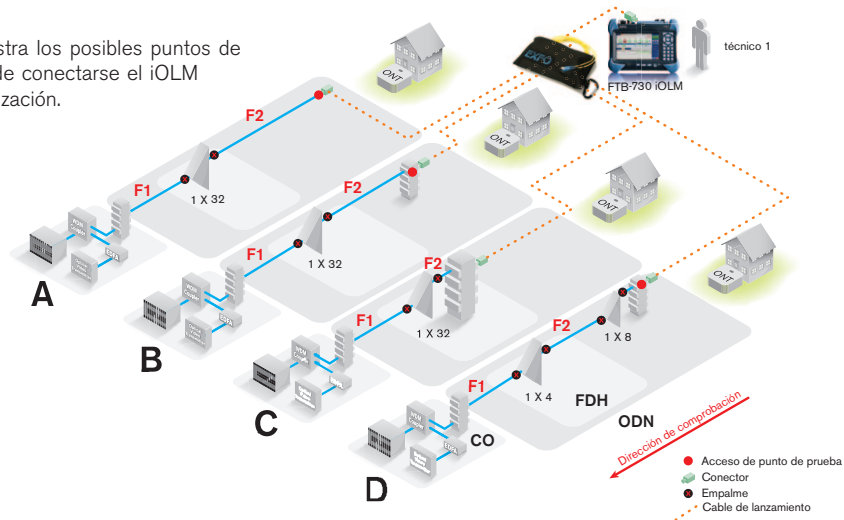


Ilustración 8-1. Caracterización de ODN empujada utilizando un iOLM

La aplicación iOLM le permite fijar manualmente las longitudes de sus cables de lanzamiento y recepción. Además, también se pueden medir automáticamente los cables de lanzamiento o recepción. Al realizar la calibración, la aplicación ejecutará una medición rápida y evaluará la longitud de la fibra. Por este motivo, solo el cable sometido a pruebas deberá conectarse al módulo al realizar una calibración.

Si los elementos del enlace se encuentran en la fibra sometida a calibración o si el conector OTDR es defectuoso, la calibración fallará y se mostrará una advertencia para explicar el motivo del fallo. Un cordón de conexión corto (<5 m) se acepta entre el instrumento y la fibra sometida a calibración y se incluirá en la longitud calibrada. Si la calibración tiene éxito, la longitud de fibra de lanzamiento o recepción se actualizará en la ficha Parámetros de prueba.

Al realizar una medición, el iOLM intentará hacer coincidir las fibras de lanzamiento y recepción definidas con los elementos hallados en el enlace para fijar las posiciones de los conectores A y B. Si no se encuentran eventos en las distancias especificadas a causa de una conexión "perfecta" entre el enlace y el cable de lanzamiento o recepción, el iOLM introducirá un elemento en una posición especificada (con pérdida y ORL cero).

ANEXO B: Redes de acceso ópticas de (OAN) próxima generación

La demanda de ancho de banda sigue aumentando a un ritmo asombroso, ya que los consumidores adoptan constantemente nuevas aplicaciones y servicios.

Para dar respuesta al continuo incremento del tráfico, los proveedores de servicios buscan formas de hacer que sus redes sean más rápidas, sean de transporte largo, metropolitanas, de 40 Gbit/s o acceso.

Una de las principales soluciones que la industria de las telecomunicaciones adoptó para satisfacer la creciente demanda de ancho de banda fue llevar la fibra lo más cerca posible de los usuarios finales. Organismos de normalización como, p. ej., la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), definieron normas para normalizar la implantación de esas tecnologías que conocemos ahora como FTTx (o fibra hasta x; donde x puede referirse a hogar, acera, estructura, nodo, etc.). En la actualidad, las tecnologías FTTx pueden ofrecer hasta 100 Mbit/s al usuario final, pero ¿será esto suficiente para las aplicaciones del mañana? Para ir por delante de las exigencias de elevado ancho de banda del mercado, los proveedores de servicios buscan activamente tecnologías de acceso de próxima generación.

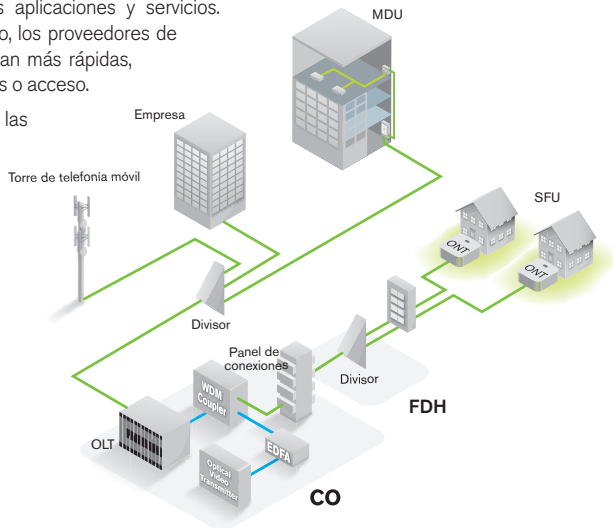


Ilustración 8-2. Clientes potenciales para OANs de próxima generación

Los principales factores y aplicaciones para la implementación de redes de acceso ópticas (OANs) de próxima generación pueden encontrarse en prácticamente cualquier parte en la sociedad actual. La tabla a continuación enumera algunos ejemplos en el mercado corporativo y residencial.

Tabla 17. Aplicaciones que impulsan la implantación de OANs de próxima generación

Segmento	Aplicaciones/factores
Redireccionamiento móvil /Red de acceso remoto (RAN)	Usuarios de Internet móvil (teléfonos inteligentes, tabletas)
Empresa	Computación en la nube, videoconferencia
Unidades de viviendas colectivas	Elevada concentración de usuarios en una única ubicación; es decir, mayor división de abonados por PON
Unidades unifamiliares	VoIP, VoD, HDTV, 3DTV, juegos online, P2P, transferencias de archivos

Tecnologías prometedoras

Entre todas las tecnologías que podrían permitir a los proveedores de servicios aumentar el ancho de banda por usuario, dos de ellas son firmes candidatos para convertirse en la tecnología preferida para OANs de próxima generación: NG-PON1 y NG-PON2.

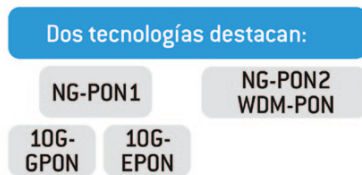


Ilustración 8-3. Tecnologías OAN de próxima generación

Además del hecho de que esas tecnologías pueden ofrecer un mayor ancho de banda por usuario, uno de los principales motivos por los que estas opciones están por delante de las demás es que se basan en redes ópticas pasivas (PONs), de modo que los proveedores de servicios que ya hayan implantado FTTx podrán reutilizar la misma red de distribución óptica (ODN) y, por tanto, proteger su inversión actual.

La tabla a continuación describe algunas de las características principales que definen cada tecnología y la ilustración 3 muestra un ejemplo de una superposición NG-PON1 dentro de una PON existente.

Tabla 18. Descripción técnica y exigencias para NG-PON1 y NG-PON2

Tipo		10G-GPON		10G-EPON		WDM-PON	
Norma	Unidades	G.987		802.3av™		Ninguna por el momento	
Protocolo		Ethernet, TDM, TDMA		Ethernet		Por confirmar	
Servicios		Voz/datos - Triple uso - Intercambio de ficheros/aprendizaje remoto/IPTV/ VOD		-Voz/datos - Triple uso - Intercambio de ficheros/aprendizaje remoto/IPTV/ VOD		Voz/datos - Triple uso - Intercambio de ficheros/aprendizaje remoto/IPTV/ VOD	
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	Hasta 20		Hasta 20		Por confirmar	
Relación de división		hasta 1x64		hasta 1x32		Por confirmar	
Velocidad de transferencia de bits nominal*		Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente
Asimétrico	Gb/s	10	2,5	10	1,25	Virtualmente sin límite	Virtualmente sin límite
Simétrico	Gb/s	10	10	10	10	P. ej., 1 Gbit/s por usuario	P. ej., 1 Gbit/s por usuario
Banda de longitud de onda operativa	nm	1577 -2, +3	1270 ±10	1577 -2, +3	1270 ±10	Por confirmar P. ej., DWDM en banda C	
ORL _{MÁX}	dB	≥32		≥ 20		Por confirmar	

Una característica interesante de 10G-GPON y 10G-EPON es que los comités de ITU e IEEE los han definido con una "idea de coexistencia", lo cual permite un funcionamiento simultáneo con la actual tecnología PON.

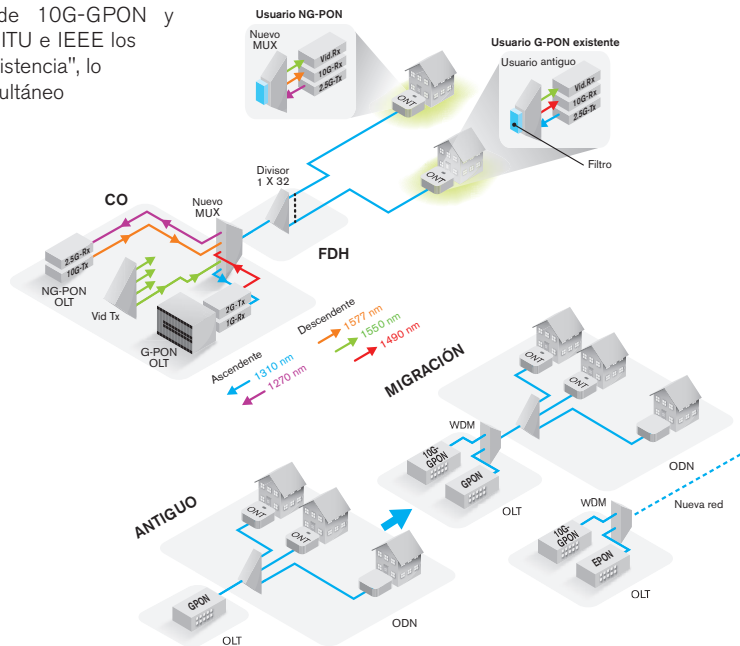


Ilustración 8-4. Coexistencia de tecnologías

Nuevos desafíos en la realización de pruebas

Como se indicó en el capítulo 3, la implantación de FTTx puede dividirse generalmente en tres áreas principales: construcción, activación y mantenimiento. Cada una de esas fases representa importantes desafíos para la realización de pruebas y ya hay formas de superar los problemas actuales. Con la llegada de OANs de próxima generación surgirán nuevas preocupaciones en la realización de pruebas, que, por tanto, deberán considerarse en cada fase de la implantación.

Al igual que las implantaciones actuales, los retos serán diferentes en función de si la nueva tecnología se implanta en una ODN existente (brownfield) o una ODN nueva (greenfield).

En implantaciones brownfield (reacondicionamiento) en las que coexistirá tecnología PON de próxima generación con la tecnología actual, el cliente ya estará conectado a la red, de modo que habrá que prestar una atención especial a minimizar los efectos para los servicios de abonados. Como se muestra en la ilustración 3a, este tipo de implantación (brownfield) exigirá la instalación de nuevos componentes ópticos (como, p. ej., filtros WDM) para combinar las dos tecnologías y la agregación de esos componentes podría interrumpir temporalmente todos los servicios. Asimismo, la agregación de nuevos dispositivos ópticos en la ODN añadirá una pérdida adicional al presupuesto de pérdida global, lo cual podría afectar a los clientes existentes si el presupuesto de pérdida anterior no fuese suficiente para compensar la pérdida adicional en la red. Además de los filtros, también deberán implantarse ONTs de próxima generación y deberán realizarse mediciones de potencia para garantizar que cada uno de esos ONTs reciba suficiente potencia para satisfacer las exigencias impuestas por las diferentes normas (véase la tabla de arriba).

Para nuevas implantaciones (greenfield), el impacto sobre los clientes existentes no será un problema y la realización de pruebas en la infraestructura ODN durante la fase de construcción será muy similar a la realizada para redes PON actuales. No obstante, para realizar correctamente pruebas durante las fases de activación y mantenimiento se requerirán nuevos instrumentos de pruebas, ya que las herramientas actuales deben adaptarse a las nuevas exigencias. Por ejemplo, para medir las nuevas señales ascendentes a $1270 \text{ nm} \pm 10$, el medidor de potencia PON deberá poder:

- > Detectar señales de ráfaga más rápidas – En sistemas PON de próxima generación la duración de la ráfaga será más corta para soportar la velocidad de transferencia de bits ascendente de 2,5 (asimétrica) o 10 Gbit/s (simétrica).
- > Detectar y diferenciar señales – Por ejemplo, necesitará detectarse la señal de 1490 nm de sistemas heredados y de próxima generación. Como se indicó anteriormente, en algunas implantaciones podrían coexistir ambas generaciones de PON, lo cual implica que en las instalaciones podrían estar presentes señales tanto de 1490 nm como de 1577 nm. Por tanto, el medidor de potencia PON deberá filtrar cada longitud de onda para medir su potencia respectiva.

Queda patente que, en algunos casos, las redes PON de próxima generación supondrán nuevos retos para la realización de pruebas que deberán tenerse en consideración. La tabla 3 a continuación resume las particularidades que tendrá cada tipo de implantación.

Tabla 19. Retos para la realización de pruebas PON ODN de próxima generación

Fases de implantación	ODN	Características de realización de pruebas	
		10G-GPON/10G-EPON	Herramientas
Construcción	Greenfield (xG-PON solo)	> Caracterización de fibra similar a la de GPON estándar	> OTDR - iOLM - OLTS - FIP - OPM - OLS
	Superposición (en tiempo real)	> Técnicas de caracterización de fibra en servicio	> OTDR – iOLM con puerto filtrado - PPM actual
Activación	Greenfield (xG-PON solo)	> Nuevas longitudes de onda ascendentes y descendentes > Periodo de ráfaga aumentado	> PPM adaptado a 10G - OTDR filtrado o iOLM - FIP
	Superposición (en tiempo real)	> Nuevas longitudes de onda ascendentes y descendentes > Periodo de ráfaga más corto > Solución adaptada para PON heredada y NG-PON	> PPM adaptado para 10G - PPM actual - OTDR filtrado o iOLM - FIP
Resolución de problemas	Greenfield (xG-PON solo)	> Nuevas longitudes de onda ascendentes y descendentes > Periodo de ráfaga más corto > Señal activa	> PPM adaptado a 10G - OTDR filtrado o iOLM - FIP
	Superposición (en tiempo real)	> Nuevas longitudes de onda ascendentes y descendentes > Periodo de ráfaga más corto > Señal activa > Coexistencia	> PPM adaptado para 10G - PPM actual - OTDR filtrado o iOLM - FIP

ANEXO C: EXFO Connect

EXFO Connect es un servicio gestionado integral basado en red que está especialmente diseñado para hacer frente a los principales componentes operativos esenciales para gestionar la realización de pruebas de red. Los servicios de software prestados por EXFO Connect incluyen un potente motor de generación de informes, un acceso global 24/7 a través de una interfaz basada en web, enlaces de comunicación seguros, así como una infraestructura completamente gestionada para seguridad y reserva.



Ilustración 8-5. EXFO Connect—Mantiene conectada su base de equipos de pruebas

Un componente esencial de EXFO Connect es la aplicación Test Data Manager (TDM). Esta aplicación centraliza los resultados de pruebas generados por los instrumentos de pruebas de EXFO, funcionando así como un repositorio para todos los resultados de pruebas, y ofrece acceso para ver cualquier resultado de pruebas y para crear informes personalizados basados en los datos de pruebas almacenados.



Ilustración 8-6. EXFO Connect–Aplicación Test Data Manager

Otra aplicación esencial de EXFO Connect es el Test Equipment Manager (TEM). Esta aplicación centraliza la gestión de todos los instrumentos de pruebas de EXFO; funciona como un repositorio para cargas de software, licencias y perfiles de plataformas para garantizar que las configuraciones estén actualizadas y sean consistentes en todo el conjunto de equipos. Con una conexión periódica al servidor alojado EXFO Connect, un proceso completamente

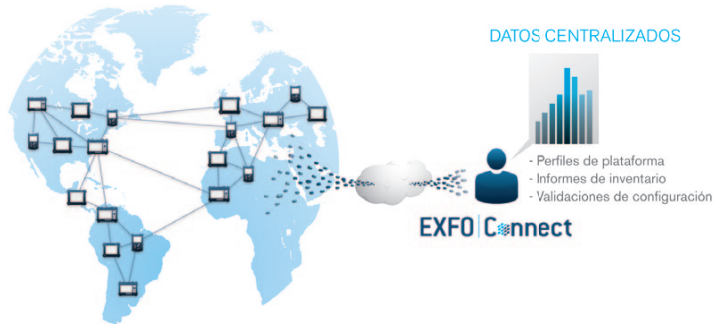


Ilustración 8-7. EXFO Connect–Aplicación Test Equipment Manager

automatizado actualiza toda la información relevante del inventario de plataformas, descarga nuevo software, opciones o configuraciones de módulos de pruebas, sin necesidad de una intervención del técnico. Dicho de forma sencilla, desde la perspectiva de un técnico, funciona de modo 'conectar y listo' en una única acción: conecte su plataforma a la nube y deje que EXFO Connect se encargue. Con EXFO Connect, el control ahora está centralizado en las manos de los gestores de pruebas. Utilizando un concepto denominado perfiles de plataformas, pueden crear configuraciones personalizadas que les permitan estandarizar los instrumentos de sus equipos de técnicos, garantizando que todos los equipos de pruebas de EXFO estén actualizados de acuerdo con sus especificaciones. Al mismo tiempo, EXFO Connect ofrece a los gestores una vista global de su toda su base de equipos que cual les indica el estado detallado de sus equipos.

La generación de informes es lo que hace que todos los datos recogidos puedan utilizarse en el mundo real, correlacionando los datos del campo en una fuente única de información. EXFO Connect permite diseñar los datos a medida de los distintos miembros de la organización. Tener todos estos datos inmediatamente disponibles permite tomar mejores decisiones.



Ilustración 8-8. EXFO Connect–Aplicación Reporting

ANEXO D: Enlaces relacionados



Vídeo del Mapeador inteligente de enlaces ópticos FTB-730-iOLM

<http://www.EXFO.com/en/Library/Multimedia/Product-Videos/OTDR-vs-iOLM/>



Hoja de especificaciones del Mapeador inteligente de enlaces ópticos FTB-730-iOLM

http://www.EXFO.com/Documents/TechDocuments/Specification_Sheets/iOLM.2-angHR.pdf



Hoja de especificaciones del dispositivo de realización de pruebas de pérdidas multi-funcional FOT-930 MaxTester

http://www.exfo.com/Documents/TechDocuments/Specification_Sheets/FOT-930.17-angHR.pdf



Vídeo de ConnectorMax

<http://www.EXFO.com/en/Library/Multimedia/Product-Videos/ConnectorMax-Key-Building-Blocks-Hands-On/>



Guía de inspección de conectores

<http://documents.EXFO.com/specsheets/FIP-400-ConnectorInspection-angHR.pdf>



Página de soluciones FTTH

<http://www.EXFO.com/en/Solutions/FTTx-Access-Networks/FTTH-Networks/>

Notas

Notas

Agradecimientos

Esta guía no habría sido posible sin el entusiasmo y el trabajo en equipo del personal de EXFO, especialmente el trabajo duro y la competencia técnica del equipo de Gestión de Líneas de Productos.


Se prohíbe la reproducción de partes de esta guía de cualquier forma o por cualquier medio sin la autorización previa por escrito de EXFO.

Impreso y encuadernado en Canadá

ISBN 1-55342-002-0

Depósito legal—Biblioteca Nacional de Canadá 2004

Depósito legal—Biblioteca Nacional de Québec 2004



Para obtener una información detallada sobre nuestros productos y servicios o para descargar notas técnicas y de aplicación, visite nuestro sitio de Internet en www.EXFO.com.

EXFO