

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN
DE FIBRA ÓPTICA**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

HÉCTOR JESÚS NAKAO HONMA

**PROMOCIÓN
1982 - I**

**LIMA – PERÚ
2003**

*Dedico este trabajo y un eterno
agradecimiento a:
Mis padres, por darme su amor y su generoso
sacrificio,
Mis hermanos, por el ejemplo y apoyo,
Mis hijos y sobrinos, fuentes de esperanza y
continua superación,
Mi esposa, por su amor y compañía.*

DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FIBRA ÓPTICA

SUMARIO

Brindar un nivel de servicio altamente eficaz sólo manteniendo un personal bien preparado y calificado durante las 24 horas del día, sin interrupción, todos los días, resulta de muy alto costo y casi imposible de mantener. Asimismo en caso de contar de esta forma con el personal, no se podría localizar inmediatamente la ubicación de la falla, ni tampoco podría advertirse rápidamente la ocurrencia de una degradación de alguno de los parámetros de transmisión en la red de fibra óptica, ni tampoco se puede supervisar la fibra viva o activa.

El objetivo de dar el nivel o calidad de servicio requerido, se puede satisfacer mediante la utilización de un sistema apropiado de supervisión o gestión de redes de fibra óptica.

El presente trabajo trata sobre el diseño de un Sistema de Supervisión de Fibra Óptica, denominado también RFTS. Especialmente detallo el Sistema FiberVisor de la empresa EXFO, con el cual he tenido la experiencia de trabajar durante todas sus etapas desde su pre-instalación hasta la implementación, instalación y pruebas de aceptación e incluso la realización de mantenimiento preventivo y correctivo, etc.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA	
1.1 Conceptos básicos.	8
1.1.1 Conectores.	8
1.1.2 Empalmes.	11
1.1.3 Cables de referencia.	13
1.1.4 Acopladores.	13
1.1.5 Acopladores híbridos.	14
1.1.6 Efectos del modo de distribución de la potencia sobre las pérdidas en los cables de fibra multimodo.	15
1.2 Conectores y empalmes.	16
1.2.1 Inspección de los conectores con el microscopio.	16
1.2.2 Mecanismos de pérdida en conectores y empalmes.	18
1.2.3 Mediciones de las pérdidas en conectores y empalmes.	21
1.2.4 Pérdida óptica de retorno en los conectores.	22
1.2.5 Durabilidad de los conectores y empalmes.	27
1.2.6 Prueba de los cables conectorizados.	28

1.2.7 Localización de una mala conectorización.	31
1.3 Selección de un cable de referencia para pruebas.	32
1.4 Preparación de los cables de referencia para las pruebas.	34
1.4.1 Prueba de cables de referencia con conectores ST solamente.	34
1.4.2 Prueba de cables de referencia con conectores SC, FC, FDDI o ESCON.	36
1.4.3 Utilización de cables de referencia con conectores ST para pruebas con conectores SC, FC, FDDI o ESCON.	37
1.4.4 Prueba de cables de referencia con cualquier tipo de conector.	39
1.5 Prueba de cables para parchado.	40
1.6 Pruebas en la planta de cables de fibra óptica instalada.	40
1.6.1 Prueba de la planta de cables de fibra óptica instalada con conectores tipo ST.	41
1.6.2 Prueba de la planta de cables de fibra óptica con conectores SC, FC, FDDI o ESCON instalada utilizando cables híbridos (Método 1).	42
1.6.3 Prueba de la planta de cables de fibra óptica con conectores SC, FC, FDDI o ESCON instalada utilizando acopladores híbridos (Método 2).	43
1.6.4 Prueba de la planta de cables de fibra óptica con cualquier tipo de conector instalado.	44
1.7 Prueba de la potencia óptica.	45
1.7.1 Prueba de la potencia óptica desde un transmisor de potencia.	45
1.7.2 Prueba de la potencia óptica desde un receptor de potencia.	46
1.8 Pruebas con el OTDR.	46
1.9 Pruebas de la pérdida óptica de retorno de los cables de fibra óptica.	48

1.10	Recomendaciones para una manipulación adecuada.	49
------	---	----

CAPÍTULO II

NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE

SUPERVISIÓN DE FIBRA ÓPTICA

2.1	El concepto de Sistema de Prueba Remoto de Fibra (RFTS).	53
2.1.1	Sistema de Prueba Remoto de Fibra (RFTS) típico.	54
2.1.2	Sistema RFTS 2000 TTC.	61
2.1.3	Sistema FMS de Inrange.	62
2.1.4	Sistema Questfiber de Nettest.	63
2.2	Beneficios del RFTS (FiberVisor) de EXFO.	64
2.2.1	Mayor competitividad.	64
2.2.2	Previsión de fallas.	65
2.2.3	Mejor manejo del recurso humano.	65
2.2.4	Modernización del mantenimiento de las redes.	65
2.2.5	Protege su prestigio.	66
2.3	Funciones y ventajas del FiberVisor.	66
2.3.1	Detección y ubicación de fallas.	66
2.3.2	Transmisión y re-enrutamiento de alarmas.	67
2.3.3	Alta estabilidad.	68
2.3.4	Cartografía (mapeo) de la red, RTU y alarmas.	69
2.3.5	Largo alcance y cobertura.	71
2.3.6	Comunicaciones.	71
2.3.7	Pruebas continuas o programadas.	72
2.3.8	Pruebas no intrusivas de fibra viva (activa).	72

2.3.9	Control remoto completo.	73
2.3.10	Modularidad y funciones completas.	74
2.3.11	Interfaz gráfica de usuario (GUI) en el RTU.	74
2.3.12	Una RTU inteligente y evolutiva.	75
2.3.13	Fácil para el mantenimiento.	75
2.3.14	Estadísticas por fibra y por cable para el mantenimiento preventivo.	75
2.3.15	Reflectómetros (OTDR).	77
2.4	Composición.	77
2.4.1	Composición del Sistema de supervisión de fibras (FiberVisor) de EXFO.	77
2.4.2	Composición del Sistema FMS de Inrange.	78
2.4.3	Composición del Sistema Questfiber de Nettek	82

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FIBRA ÓPTICA

3.1	Desarrollo.	84
3.1.1	Ingeniería de aplicación.	86
3.1.2	Aprovisionamiento de los componentes del sistema.	88
3.1.3	Instalación y configuración del sistema.	89
3.1.4	Definición y configuración de la data geomática.	90
3.1.5	Implementación final del sistema.	91
3.1.6	Transferencia al cliente y soporte post venta.	91
3.2	El rango de servicios que ofrece EXFO.	92
3.3	Descripción del Sistema de Supervisión RFTS (FiberVisor) de EXFO.	92
3.3.1	Diagrama del Sistema FiberVisor.	93
3.3.2	Arquitectura del Sistema FiberVisor.	94
3.4	Composición del Sistema FiberVisor.	98
3.4.1	Central de mantenimiento.	99
	Controlador de la red óptica (ONC).	99
	Servidor.	100
3.4.2	Estaciones de supervisión.	100
3.4.3	Oficina Central.	101
3.4.4	Estación remota.	101
	RTU : IQ 203.	101
	Características del RTU.	102

Características del OTDR.	103
Componentes de la Unidad de Pruebas Remota (RTU).	104
3.5 Información detallada del sistema.	104
CONCLUSIONES	108
ANEXO A	
Relación de figuras.	111
ANEXO B	
Relación de tablas.	118
ANEXO C	
Sistema óptico de pruebas IQ 200.	119
ANEXO D	
Conmutadores ópticos IQ 9100.	125
ANEXO E	
Tipos y descripción de módulos para RTU.	128
BIBLIOGRAFÍA	129

PRÓLOGO

Los usuarios y aplicaciones actualmente necesitan y exigen una transmisión fiel, con señales de calidad extremadamente alta. Debido a esto es indispensable utilizar fibras ópticas. Es también vital la ejecución de mediciones exactas de pérdidas cuando se utilizan instalaciones y se realiza el mantenimiento de una red de cables de fibra óptica, y cuando se verifica su estado de posible ocurrencia de fallas o defectos.

El aumento de la utilización del Internet, con sus aplicaciones de transmisión de texto, voz, imágenes de gráficos y fotografías e incluso de datos multimedia y video o películas de cine, incrementan la demanda de ancho de banda requerido en las redes de transmisión. Las redes globales de comunicación vía fibra óptica tienen que soportar la mayor parte del tráfico de las aplicaciones mencionadas, pero su capacidad requiere aumentar cada vez más. Para tener acceso a un ancho de banda de la fibra óptica que crece con la demanda, el ancho de banda de cada canal debe ser capaz de poder aumentar, la separación entre canales debe ser capaz de poder reducirse, o ambas cosas a la vez.

En el lado del operador o proveedor de servicios de telecomunicaciones, es importante poder minimizar su costo de operación por bit, a la vez de que debe poder mantener la calidad de servicio que ofrece para conservar satisfecho a sus clientes, crecer en el mercado cada vez más competitivo y aumentar sus rentas, sus ingresos y el rápido retorno de su inversión.

Por consiguiente, es esencial que pueda disponer de personal e instrumentación (herramientas, equipos y sistemas) adecuados que puedan atender a su gran red de fibra óptica, distribuir sus recursos eficientemente y que sean capaces de advertirles ante la ocurrencia de una degradación o falla en el estado de alguna parte o elemento de su red de fibra óptica durante las 24 horas todos los días, sin descanso.

Al disponer de una red bien monitoreada o supervisada, el proveedor de servicios puede tomar las acciones adecuadas y oportunas antes de la ocurrencia de un error en la transmisión, lo cual es muy importante cuando se trabaja con dispositivos y elementos como el cableado de fibra óptica, que pueden degradarse gradualmente o interrumpir la comunicación desde cualquier punto de la red por algún factor externo como por ejemplo un derrumbe, inundación o en caso de sabotaje.

Se puede utilizar solamente equipos e instrumentos de prueba y medición tales como medidores de potencia, fuentes de luz, localizadores visuales de fallos, OTDRs, etc. Estos equipos e instrumentos le son de gran ayuda para efectuar la labor de localización de fallos, pero sólo puede brindarse un nivel de servicio limitado y no muy efectivo, porque en cualquier momento que ocurra la interrupción de la comunicación es muy difícil localizar rápidamente e identificar el origen o causa del problema para proceder a su inmediata reparación.

El sistema que se necesita para este caso es el denominado RFTS o sistema de supervisión de fibras ópticas. Tenemos varios sistemas RFTS disponibles en el mercado y en este trabajo menciono algunos. Principalmente me ocupo del sistema RFTS que proporciona EXFO, más conocido como FiberVisor. Además se considera uno de los mejores sistemas RFTS del mercado, tal vez el mejor, y en este trabajo también menciono sus componentes, características y beneficios.

El capítulo I es una parte introductoria. Aquí se dan conceptos básicos de los elementos que constituyen la planta de cables de fibra óptica, los procedimientos de pruebas y mediciones de dichos componentes. Asimismo se identifican los instrumentos y equipos que se utilizan, sin incluir el sistema de supervisión de fibras ópticas.

En el capítulo II se analiza la necesidad de implementar un sistema de supervisión en la planta de cable de fibra óptica. Se da el concepto de RFTS o Sistema de Supervisión de Fibra Óptica y se mencionan las características de algunos de estos sistemas disponibles en el mercado que ofrecen los fabricantes, entre los que tenemos: RFTS 2000 de TTC, FMS de Inrange, Questfiber de Nettek y FiberVisor de EXFO.

El capítulo III se trata del diseño del Sistema de Supervisión RFTS (FiberVisor) de EXFO. En este capítulo se detallan los pasos que se siguen para implementar la aplicación en el cliente, el rango de servicios que ofrece EXFO, la descripción y composición del sistema FiberVisor.

En este trabajo tenemos gran cantidad de figuras y tablas ilustrativas que nos ayudan a explicar en forma didáctica, gráfica y detallada los conceptos que se están desarrollando.

Finalmente tenemos en la parte final las conclusiones, información que se anexa y bibliografía complementaria relativas a los temas que se han tratado.

Agradezco a la Universidad Nacional de Ingeniería por la formación académica recibida, al personal de la Oficina de Titulación por el apoyo que me dieron y al Ingeniero Alfredo Rodríguez por su valioso asesoramiento. También hago extensivo mi agradecimiento a la empresa EXFO por todo el soporte que nos ha brindado antes, durante y después de la instalación del sistema RFTS FiberVisor. Gracias a esto, ha sido posible elaborar el presente trabajo.

CAPÍTULO I

LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Las plantas de cable de fibra óptica típicas están compuestas de un cable de “backbone” que se conecta a los “patch panels” y varios cables cortos denominados “jumpers” que conectan el equipamiento dentro de la planta de cable.

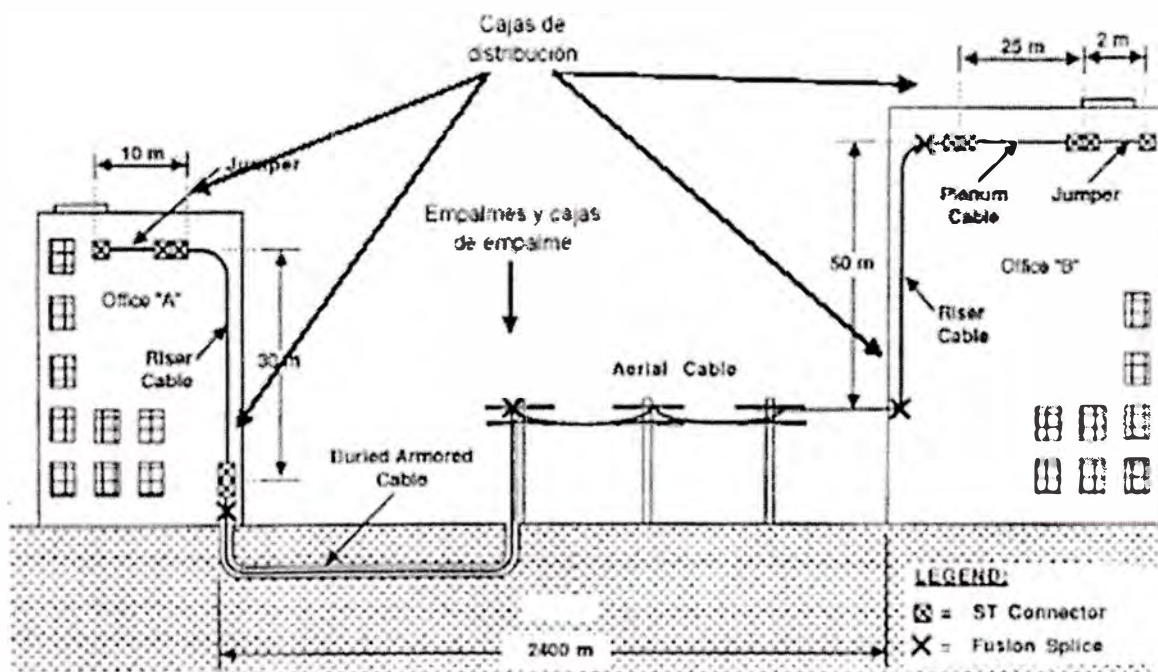


FIGURA N° 1: ESQUEMA DE UN ENLACE DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

En los **sistemas de edificio y de “campus”** la fibra de “backbone” termina en los armarios de cableado y los “jumpers” o cables cortos se conectan al equipamiento directamente o mediante salidas de pared. Estas instalaciones frecuentemente no tienen ningún empalme debido a las cortas distancias.

En cambio, en **las plantas de cable de una Oficina de Telecomunicaciones** el recorrido de su cable de planta es largo, lo que hace que requieran empalmes cada 2 a 4 kilómetros. Además, las fibras no se terminan directamente; sino se realizan empalmes de “pigtailes” o fibras cortas de alta calidad de fabricación con el cable de “backbone”. El proceso de probar cualquier planta de cable de fibra óptica durante y después de que la instalación incluye todos los procedimientos empleados hasta la actualidad. **Para probar la planta del cable completamente, uno necesita probarlo tres veces, es decir: antes de la instalación, luego cada uno de los segmentos que se instala y finalmente la pérdida total de extremo a extremo.**

Se debe probar la continuidad del cable en la bobina antes de instalarlo, para asegurarse que no se hizo algún daño en el cable durante el embarque desde el fabricante hasta el sitio del trabajo. Debido a que el costo de instalación normalmente es alto, a menudo superior que el costo de materiales, tiene sentido asegurarse que uno no va a instalar un cable malo. Es generalmente suficiente probar simplemente continuidad, debido a que la mayor parte de la fibra se instala sin los conectores para que luego se terminen en el lugar, y los conectores son probablemente el problema que no se cubren durante las pruebas de pérdida. Después de la instalación y en la etapa final de la misma, cada segmento de la planta del cable debe probarse individualmente como fue instalado, para asegurarse que cada conector y cable estén en buenas condiciones. Finalmente cada cable de extremo a extremo (desde el equipo

puesto en la planta del cable al equipo al que se conecta) debe probarse como un último chequeo.

En algunas **pruebas llamadas de doble terminación**, también se necesitará agregar un cable de recepción en el medidor o equipo de prueba después de que se configuró la referencia del lanzamiento o inicio.

Los elementos de planta externa más importantes son:

- cable (enterrado o aéreo)
- empalmes
- cajas de empalme (torpedos)

Los cables presentan muy diferentes configuraciones, pero todos ellos deben ser sólidos, duraderos y evitar que la instalación o las inclemencias del tiempo puedan afectar a la atenuación de las fibras. Suelen llevar un número elevado de fibras

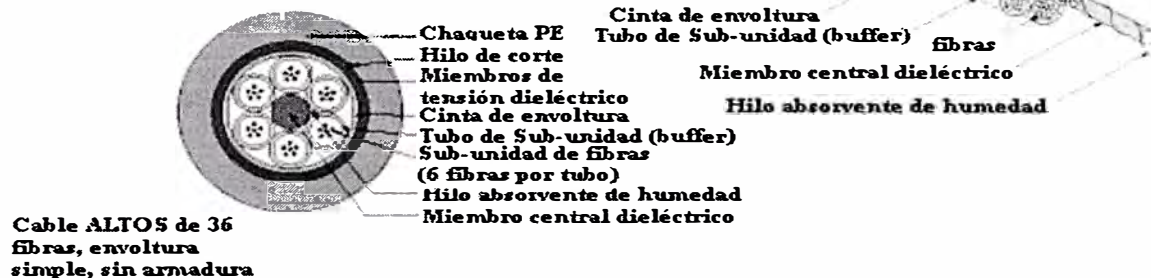


FIGURA N° 2: CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Si la pérdida de la planta de cable de extremo a extremo excede la pérdida total aceptable, la mejor solución es volver a probar separadamente cada segmento de la planta del cable, chequeando los cables “sospechosos” en cada forma, debido a que el problema más probable es un solo conector o empalme malo. Si la planta del cable es de longitud suficiente, un OTDR (“Optical Time Domain Reflectometer” - Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo) puede utilizarse para encontrar el problema. Los conectores defectuosos deben reemplazarse para conseguir que la pérdida se encuentre dentro de rangos aceptables.

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

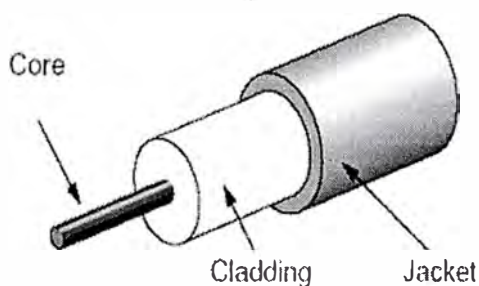


FIGURA N° 3: VISTA DE LADO DE
UNA FIBRA ÓPTICA INDIVIDUAL

1.1.1 CONECTORES

Los conectores se utilizan para acoplar dos fibras entre sí o para conectar las fibras a los transmisores o a los receptores, y además están diseñados para hacer fácil la conexión y desconexión. Ellos comparten con los empalmes algunos requerimientos comunes tales como la baja pérdida y una alta pérdida óptica de retorno; pero además poseen requerimientos adicionales tales como la durabilidad ante continuos acoplamientos o conexiones.

Una serie de conectores con “pequeño factor de forma” apareció en el período 1998 – 2000. La mayoría trabaja mediante un alineamiento simple de las dos terminaciones de fibra tan preciso como sea posible y luego se los asegura de tal manera que sea afectado en forma mínima por factores ambientales.

Los conectores han utilizado como material el metal, vidrio, plástico y “ferrule” (el “ferrule” es el cilindro que sostiene y alinea a la fibra) de cerámico para alinear más exactamente las fibras; pero los cerámicos parecen ser actualmente la mejor opción. Es debido a que es el material más estable en condiciones ambientales y su

coeficiente de expansión es aproximadamente igual al de la fibra de vidrio. Es fácil de unir la fibra de vidrio con una sustancia (“gel”) gomosa denominada “epoxy” y su dureza es perfecta para un pulido rápido de la fibra. Cuando el volumen aumenta se reducen los costos de los cerámicos para ser competitivos frente a los conectores de metal.

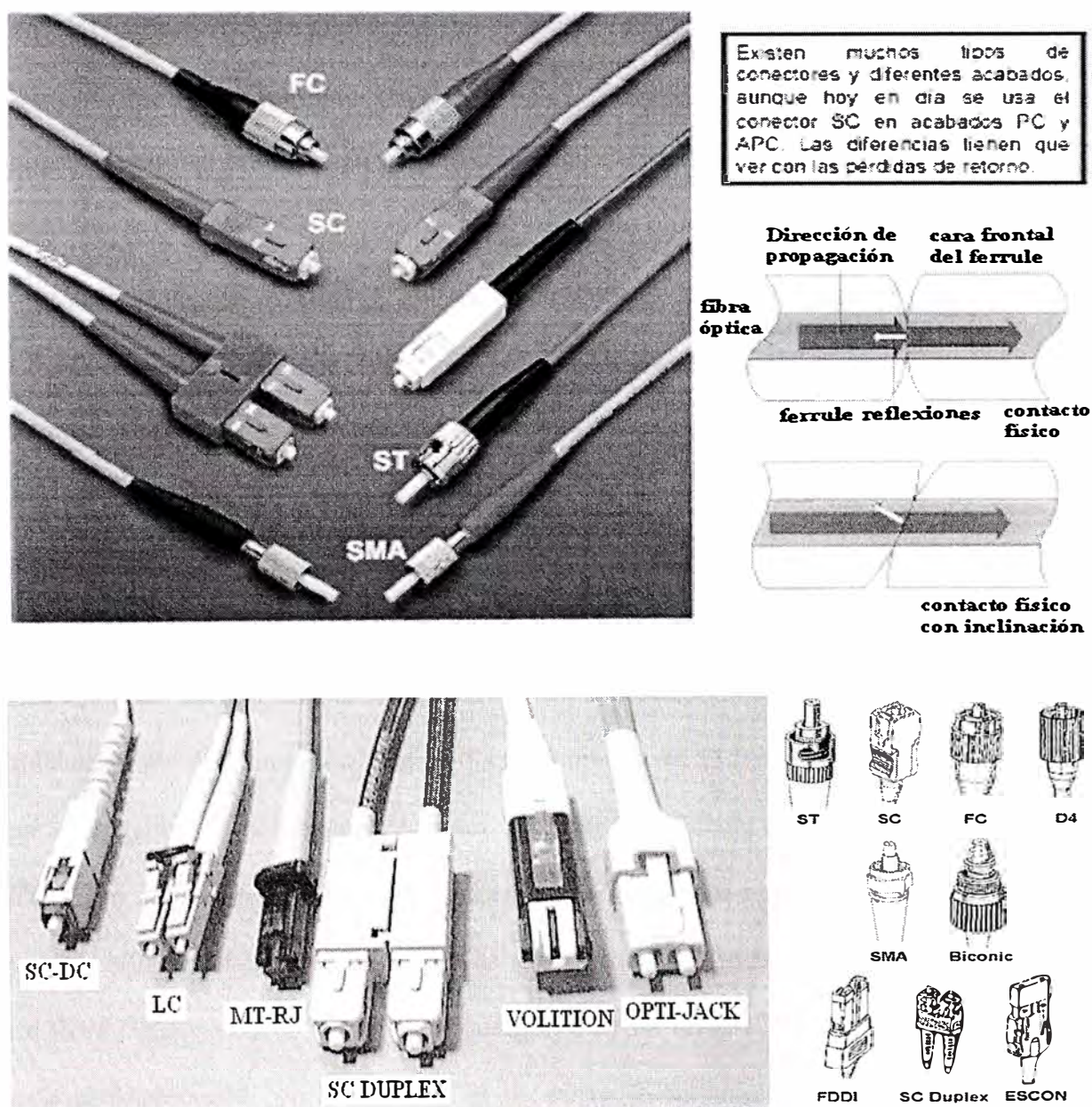


FIGURA N° 4: TIPOS DE CONECTORES PARA FIBRA ÓPTICA

Un nuevo tipo de plástico, el polímero de cristal líquidos (LCP), promete “ferrules” amoldados a más bajo costo; pero si el desempeño y durabilidad pueden probarse.

Los de tipo plástico trabajan bien en las condiciones medioambientales, pero puede sufrir problemas con las conexiones repetidas, sobre todo bajo condiciones encontradas probando numerosos conectores o grupos de cable. Los de tipo plástico "raspan" cantidades pequeñas de plástico con cada inserción. Una cantidad de este material puede acumularse en el final del conector y ocasiona pérdida. Algunos también pueden producir irregularidades en la superficie de contacto del ferrule y espacios en la unión de dos conectores. Verifique que el conector realice un correcto empalme para evitar estos problemas observando la superficie final del conector utilizando un microscopio para ver si tiene partículas de polvo.

Cuando se inserte el ferrule del conector dentro de otro conector o adaptador, asegúrese de que la punta del ferrule no toque el lado externo del conector o adaptador al que se acopla. En caso contrario, el final de la fibra friccionará contra una superficie inadecuada, produciendo rasguños y depósitos de suciedad en la fibra. Los mangos de cerámica o de metal dentro del adaptador deben ser correctamente ajustados. Cuidadosamente rote en forma muy ligera el ferrule dentro del adaptador para alinearlos con la guía del conector. No fuerce el ferrule dentro del adaptador.

Cada vez que se realice una desconexión o un contacto indeseable, deberá efectuar un procedimiento de limpieza. Esto asegura unos “patchcords” o cables de conexión de fibra óptica, confiables y por consiguiente una lectura más exacta. Sin embargo este procedimiento no reemplaza al de correcto manejo de los “patchcords”. Es también necesaria la utilización de las capuchas protectoras del ferrule, pero no garantiza la limpieza o calidad de un “patchcord”.

1.1.2 EMPALMES

Hay dos tipos de empalmes, por fusión y mecánico.

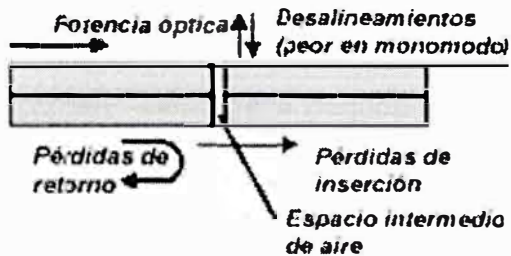
El empalme por fusión se realiza soldando las dos fibras juntas, normalmente con un arco eléctrico. Tiene las ventajas de baja pérdida, la alta fortaleza, la baja pérdida de retorno óptica y la fiabilidad a largo plazo.

Los empalmes mecánicos utilizan una característica de alineación para empalmar a las fibras y un gel correspondiente o epoxy para minimizar la pérdida óptica de retorno. Algunos empalmes mecánicos usan las fibras desnudas, mientras otros se parecen bastante a los “ferrules” del conector sin todo el hardware del montaje.

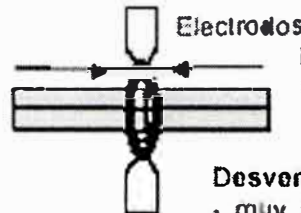
Mientras que el empalme por fusión normalmente utiliza la alineación activa para minimizar la pérdida del empalme, el empalme mecánico se basa en las tolerancias dimensionales estrechas de las fibras para minimizar la pérdida.

La pérdida del empalme baja y la pérdida del retorno alta es muy dependiente en la calidad del corte en ambas fibras que se empalman. El cortado se hace usando una hoja afilada para exponer una superficie defecto en la fibra, luego tirando cuidadosamente para permitir un crujido a propagar por la fibra. Para conseguir unos buenos empalmes por fusión, ambos extremos de fibra necesitan estar cerca del perpendicular al eje de la fibra. Entonces, cuando las fibras se funden, ellos soldarán juntos apropiadamente.

Cada varios kilómetros hay que unir diferentes tramos de cable (típicamente 2 km). La unión entre fibras es problemática:



La solución: empalme por fusión



Fusión de los núcleos:
mínimas pérdidas < 0.1 dB

Desventajas:

- muy sensibles a tensiones laterales -> necesidad de protegerlos
- se necesita mano de obra y material muy especializado (y caro!)
- empalmar cada fibra cuesta un tiempo nada despreciable

FIGURA N° 5: EMPALMES

Con un empalme mecánico, las fibras se juntan con un gel de índice correspondiente o epoxy entre ellos. Como el índice de emparejamiento no es perfecto, alguna reflexión puede ocurrir. Si las fibras están cortadas en un ángulo, aproximadamente 8 grados en el mejor caso, la luz reflejada se absorberá en el “cladding” o revestimiento, reduciendo las pérdidas ópticas de retorno. Se han diseñado los cortadores especiales para proporcionar los ángulos de corte y deben estar disponibles comercialmente en el futuro cercano.

Se usan los empalmes para conectar dos fibras en una juntura permanente. Ellos comparten algunos requisitos comunes con los conectores, como la pérdida baja, la pérdida del retorno óptica alta, la repetibilidad y se espera que los empalmes duren muchos años a través de condiciones medioambientales a veces difíciles.

Los “bushings” de empalme han sido hechos de metal, plástico y cerámica. Los tipos plásticos trabajan bien en las condiciones medioambientales, pero puede sufrir los problemas con las uniones repetidas, sobre todo bajo condiciones encontradas probando numerosos conectores o grupos de cable. Los “bushings” plásticos “raspan” cantidades pequeñas de plástico en cada inserción. Algo de este material puede aumentar en el extremo del conector y causar pérdida. Algunos también pueden construir y formar una cresta en el “bushing” y causar un espacio de extremo en la unión de dos conectores. Verifique los “bushings” de empalme para evitar estos problemas viendo el fin del conector con un microscopio y en busca de partículas de polvo.

1.1.3 CABLES DE REFERENCIA

Los cables de referencia para pruebas (a veces denominados “test jumpers”) son necesarios para probar cables desconocidos. Un cable de lanzamiento, se conecta a la fuente para fijar las condiciones de referencia en todas las pruebas de pérdida. Todas las pérdidas de cable en fibras ópticas se definen como las pérdidas concernientes del cable que se está probando y relacionadas con respecto a un cable referencia de lanzamiento.

1.1.4 ACOPLADORES

Los acopladores permiten que dos cables con conectores se emparejen. Ellos son también muy importantes para realizar buenas pruebas de pérdida porque contribuyen con la pérdida del conector al que se emparejan. Dentro del acoplador hay un “bushing” (pequeño cilindro) de alineamiento que alinea o empareja a los “ferrules” de los conectores, los cuales pueden ser fabricados de plástico, metal o de cerámica. No es recomendable utilizar los de tipo plástico para realizar las pruebas

porque se deterioran rápidamente. Se recomienda utilizar los de tipo metal o de cerámica. **Esto es muy importante, porque el “bushing” (pequeño cilindro) de alineamiento es tan crítico para la pérdida en la conexión como los conectores en sí mismos.**

1.1.5 ACOPLADORES HÍBRIDOS

Los acopladores híbridos (adaptadores para el emparejamiento) permiten que dos cables con diferentes tipos de conectores se emparejen. Pueden conseguirse adaptadores que conecten lo siguiente:

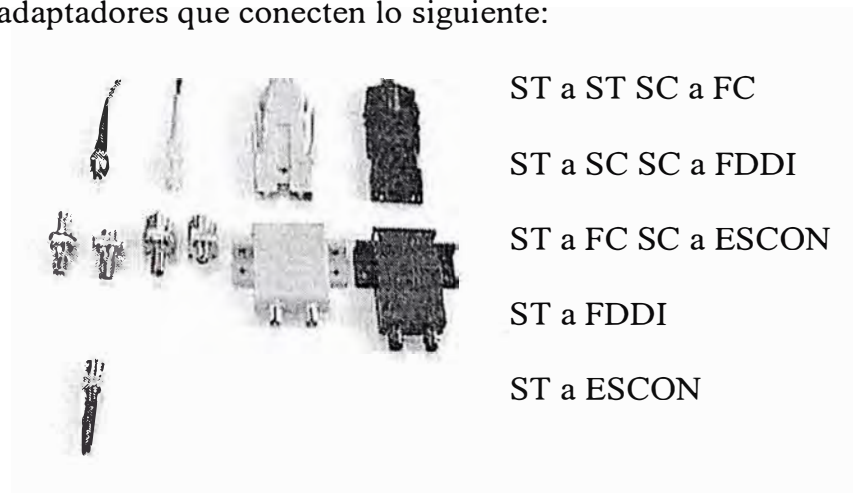


FIGURA N° 6: ACOPLADORES HÍBRIDOS.

Los conectores de tipo ST comparten un diseño de ferrule estándar de 2.5mm (el ferrule es un pequeño cilindro que rodea a la fibra óptica en sí, sosteniéndola, alineándola y protegiéndola) con otros tipos de conectores. Estos adaptadores permiten que los cables de referencia con conectores ST prueben cualquiera de los cables con otros tipos de conectores como los mencionados, simplificando las pruebas.

1.1.6 EFECTOS DEL MODO DE DISTRIBUCIÓN DE LA POTENCIA SOBRE LAS PÉRDIDAS EN LOS CABLES DE FIBRA MULTIMODO

El factor más grande en la incertidumbre de pruebas de pérdida de cable multimodo es el modo de la distribución de potencia causada por la fuente de la prueba. Cuando se prueba un simple cable de grupo de 1 m, las variaciones en las fuentes pueden causar de 0.3 a 1 dBs de variaciones en la pérdida medida. El efecto es similar al efecto de pérdida de fibra, debido a que la concentración de la luz en los modos de orden más bajo, como resultado del EMD (Distribución Modal de Equilibrio, es la distribución modal en una fibra larga, que ha perdido los modos de orden superior; en contraposición a las fibras cortas, que conservan todos sus modos de orden superior de lanzamiento inicial) o modo de filtraje, minimizará los efectos de separación, desplazamiento y angulosidad en la pérdida emparejada mediante la reducción efectiva del tamaño de núcleo de la fibra y de la abertura numérica. La distribución modal del sistema depende de la fuente, la fibra y de los componentes intermedios tales como conectores, acopladores y “switches”, que afectan todas ellas a la distribución modal de las fibras que conectan.

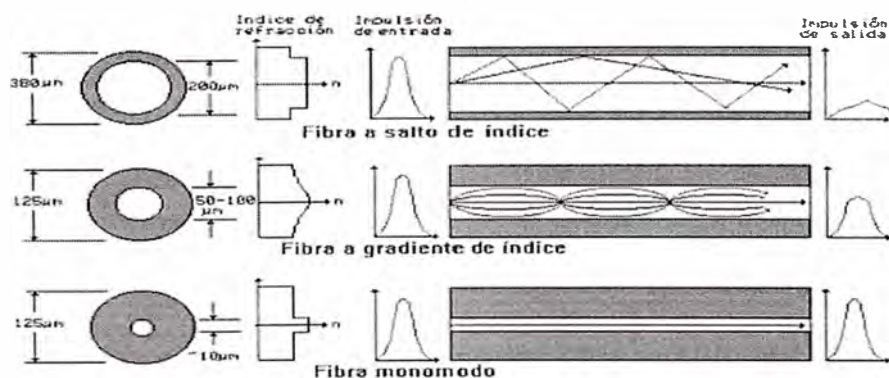


FIGURA N° 7: TIPOS DE FIBRA SEGÚN EL NÚCLEO.

Mientras se puede hacer “scramblers” (demoduladores) de modo y filtros para controlar la distribución de potencia modal al probarse en el laboratorio, es más difícil de usarlos en el campo. La demodulación de modo es un intento de ecualización de la potencia en todos los modos, simulando un lanzamiento completamente lleno. Una técnica alternativa es utilizar un cable especial acondicionador de modo entre la fuente y el cable de lanzamiento que induce la distribución de potencia apropiada de modo. Esto puede hacerse con una fibra de tipo índice de paso con una abertura numérica restringida. Se han realizado experimentos con este tipo de cable utilizándolo entre la fuente para reducir grandemente las variaciones en las distribuciones modales de potencia entre las fuentes. Esta técnica trabaja bien con ambos tipos de pruebas: de pérdida del conector en laboratorio y de campo de pérdida en la planta del cable instalada.

1.2 CONECTORES Y EMPALMES

1.2.1 INSPECCIÓN DE LOS CONECTORES CON EL MICROSCOPIO

La inspección visual de la superficie final de un conector es una de las mejores formas para determinar la calidad del procedimiento de la terminación y diagnosticar los problemas. Un conector bien hecho tendrá un acabado liso, pulido, libre de rasguños, y la fibra no mostrará señal alguna de roturas o “pistoning” (donde la fibra o está sobresaliéndose del final del ferrule o está dentro de él).

Generalmente se acepta como amplificación apropiada la de 30-100 veces mayor para ver los conectores. Una amplificación más baja, típicamente con la lupa de un joyero o amplificador de bolsillo, no proporciona la resolución adecuada para juzgar adecuadamente el acabado en el conector. Una amplificación demasiado alta tiende a hacer que las fallas pequeñas e insignificantes parezcan peor de lo que realmente son.

La solución mejor es utilizar la amplificación mediana, pero inspeccionando el conector en tres formas: viendo directamente el final de la superficie pulida con luz lateral, viendo directamente con luz lateral y la luz que ilumina a través del núcleo, y viendo con un ángulo e iluminando la fibra desde el ángulo contrario.

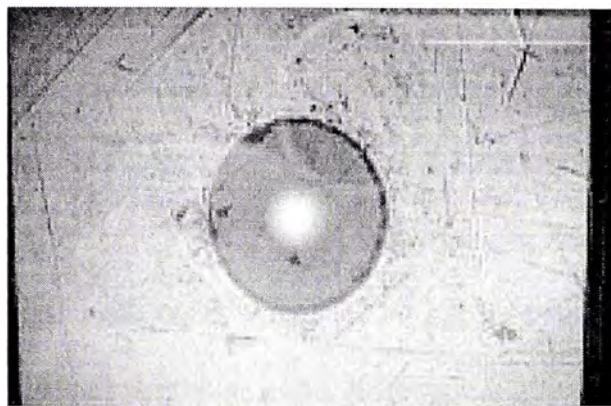


FIGURA N° 8: LOS CONECTORES ARAÑADOS

DEBEN DESECHARSE.

Sin embargo, sólo los arañazos más grandes serán visibles de esta manera. Agregando luz transmitida a través del núcleo se harán visibles las roturas en el final de la fibra, causadas por la presión o el calentamiento durante el proceso de pulido.

Viendo el final del conector a un ángulo, mientras se le ilumina desde el lado

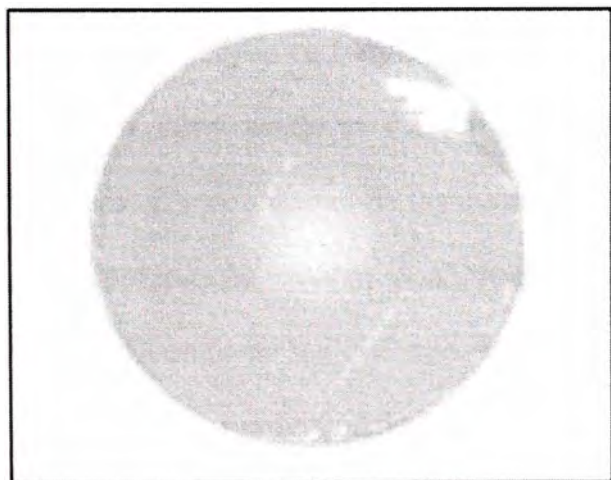


FIGURA N° 9: LOS CONECTORES DESGASTADOS

CON EL USO DEBEN DESECHARSE.

Viendo directamente con luz lateral permite determinar si el agujero del ferrule es del tamaño apropiado, si la fibra se centra en el agujero y si una cantidad apropiada de adhesivo ha sido aplicada.

contrario a aproximadamente el mismo ángulo permitirá la mejor inspección de la calidad del pulido y los posibles arañazos. El efecto sombreado de la visión angular mejora el contraste de los arañazos contra el espejo en la superficie suavemente pulida del vidrio.

Sin embargo, se necesita ser cuidadoso al inspeccionar los conectores. La tendencia es ser demasiado crítico, sobre todo al utilizar una amplificación alta. Sólo los defectos en el núcleo de la fibra son un problema. El cortado del vidrio alrededor del exterior del “cladding” o revestimiento no es raro y no tendrá el efecto en la capacidad del conector de acoplar la luz en el núcleo. Igualmente, las rajaduras de sólo el “cladding” o revestimiento no ocasionarán ningún problema de pérdida.

1.2.2 MECANISMOS DE PÉRDIDA EN CONECTORES Y EMPALMES

La pérdida del conector y del empalme se produce por varios factores, que se indicaron anteriormente. La pérdida se minimiza cuando los dos núcleos de fibra se alinean perfectamente. Sólo la luz que se acopla en el núcleo de la fibra receptora se propagará y todo el resto de la luz se convierte en pérdida del conector o del empalme.

Aunque es común comparar los conectores típicos citados por los fabricantes, no se puede hacer una comparación justa. El fabricante tiene un diseño que ellos han aprobado congregando expertamente y probando muchas muestras de sus conectores. Pero la pérdida real obtenida por cualquier usuario final se determinará principalmente por su habilidad en el proceso de la terminación. El fabricante sólo tiene el control sobre el diseño básico del conector, la precisión mecánica de la fabricación, y la claridad de las instrucciones para la terminación.

Las separaciones causan dos problemas, pérdida de la inserción y pérdida del retorno. El cono de luz que sale del conector se dispersará sobre el núcleo de la fibra receptora y se perderá. Además, el vacío aéreo entre las fibras causa una reflexión cuando la luz encuentra el cambio en el índice refractivo n de la fibra de vidrio con el aire en la separación. Esta reflexión (llamada “Reflexión de Fresnel”) es un total de

aproximadamente 5% en el caso típico de conectores bien pulidos, y significa que ningún conector con una separación de aire puede tener menos que 0.3 dBs de pérdida. Esta reflexión también es denominada pérdida óptica de retorno (ORL), que pueden ser un problema en los sistemas basados en láser. Los conectores usan varias técnicas de pulido para asegurar contacto físico de las terminaciones de fibra con el objeto de minimizar el ORL. En los empalmes mecánicos, es posible reducir el ORL utilizando cortes no perpendiculares, que producen la absorción del ORL en el revestimiento (“cladding”) de la fibra.

El extremo final de la fibra debe pulirse adecuadamente para minimizar la pérdida. Una superficie áspera esparcirá la luz y la suciedad puede esparcir y absorber la luz. Como la fibra óptica es tan pequeña, la típica partícula de polvo o suciedad aerotransportada, puede ser una fuente mayor de pérdida. Siempre que no se acoplen los conectores, ellos deben cubrirse para proteger de la suciedad el final del ferrule. Nunca debe tocarse el extremo del ferrule, debido a que los aceites en la piel de cada persona producen que la fibra atraiga la suciedad. Antes de la conexión y prueba, es aconsejable limpiar los conectores con paños especiales libres de hilachas humedecidos con “alcohol isopropílico”.

Las dos fuentes de pérdida direccionales son la abertura numérica (NA) y el diámetro del núcleo. De tal forma que las variaciones en estas dos crearán conexiones que tienen pérdidas diferentes dependientes de la dirección de propagación de la luz. Al iluminar una fibra con una NA mayor, se le hará más sensible a la angulosidad y a la separación en el final, de tal forma que en la transmisión desde una fibra de NA más grande a uno de NA menor se tendrá pérdida superior que en el caso inverso. Igualmente, la luz desde una fibra más grande tendrá alta pérdida acoplada a una

fibra de diámetro menor, mientras que se puede acoplar una fibra de diámetro pequeño a una fibra del diámetro grande con pérdida mínima, debido a que es mucho menos sensible a la separación final o desplazamiento lateral.

Estas desigualdades de fibra ocurren por dos razones. Debido a la necesidad ocasional de interconectar dos fibras disímiles y por variaciones en la producción de fibras con las mismas dimensiones nominales. Con dos fibras de tipo multimodo de uso actual y otras dos que se han utilizado de vez en cuando en el pasado, es posible a veces tener que conectar fibras disímiles, o se tiene que utilizarse algún tipo de fibra en sistemas diseñados para otro tipo de fibra. Algunos fabricantes de sistema proporcionan las pautas para utilizar varias fibras, algunos no lo hacen. Si se conecta una fibra de diámetro menor a uno mayor, las pérdidas de acoplamiento serán mínimas, a menudo sólo son pérdidas del Fresnel (aproximadamente 0.3 dB). Pero al conectar fibras de diámetro más grande a otra de menor diámetro da por resultado una pérdida sustancial, no sólo debido al menor tamaño de los núcleos, sino también debido al NA menor de las fibras de núcleo más pequeñas.

En la tabla 1 de abajo, se muestran las pérdidas que ocurren al conectar fibras desiguales. El rango de valores resulta debido a la variabilidad de condiciones modales. Si la fibra transmisora se sobrellena o acerca a la fuente, la pérdida será superior. Si la fibra está cerca de las condiciones del estado estable, la pérdida estará más cercana al valor más bajo.

Si la fibra es directamente conectada a una fuente, la variación en la potencia será aproximadamente igual que para la desigualdad de fibra; pero al reemplazar la fibra menor con una fibra más grande producirá una ganancia en potencia

aproximadamente igual a la pérdida en la potencia acoplado de la fibra más grande al menor.

Siempre que usara una diferente (y a menudo no especificada) fibra con un sistema, sea consciente también de las diferencias en los anchos de banda de fibra. Un sistema puede trabajar en el papel, con bastante potencia disponible, pero la fibra podría tener un ancho de banda insuficiente.

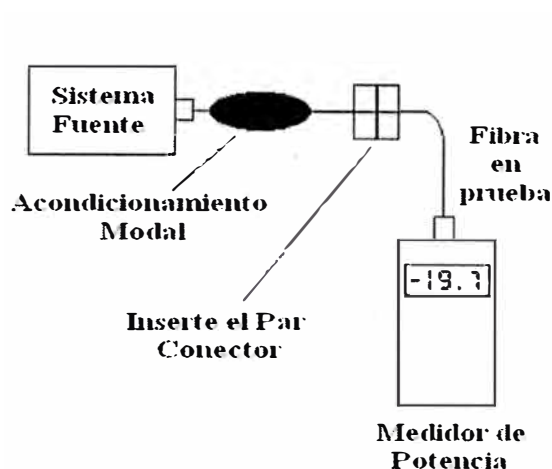
TABLA N° 1: PÉRDIDAS DE FIBRAS DESIGUALES CONECTADAS (PÉRDIDA DE EXCESO EN DB)

	Fibra Transmisora		
Fibra Receptora	62.5/125	85/125	100/140
50/125	1.6-1.9	3.0-4.6	4.7-9
62.5/125	-	0.9	2.1-4.1
85/125	-	-	0.9-1.4

1.2.3 MEDICIONES DE LAS PÉRDIDAS EN CONECTORES Y EMPALMES

Con la finalidad de establecer una pérdida típica para los conectores, es necesario probar todos los conectores en una forma estandarizada, para permitir las comparaciones entre los diversos conectores. Las mediciones de las pérdidas de conector o de empalme se realizan midiendo la potencia transmitida en una longitud corta de cable e insertando un par de conectores o un empalme dentro de la fibra. Esta prueba, que es designada por el estándar EIA como FOTP-34, puede ser utilizada tanto para fibras multimodo o monomodo; pero los resultados para la fibra multimodo son muy dependientes de la distribución de potencia modal.

El FOTP-34 tiene tres opciones en la distribución modal:



- EMD (Distribución modal de equilibrio o estado estable).
- Completamente lleno.
- Cualquier otra condición con tal que sea especificada.

FIGURA N° 10: PRUEBA FOTP-34

Además de los factores de la distribución modal de potencia, la incertidumbre de la pérdida moderada es una combinación de: las variaciones de la geometría inherentes de la fibra, de las características del conector instalado, y de los efectos del “bushing” de empalme utilizado para alinear a los dos conectores.

Esta prueba es repetida por cada fabricante de conector entre cientos y miles de veces, para producir los datos que muestran la repetibilidad de su diseño de conector, figurando los márgenes, el cual es un factor crítico para instalaciones que utilizan muchos conectores. Por lo tanto la pérdida no es el único criterio para seleccionar un buen conector, también debe ser repetible, de tal forma que su pérdida promedio pueda ser utilizado para el cálculo de estos márgenes con cierto grado de confianza.

1.2.4 PÉRDIDA ÓPTICA DE RETORNO EN LOS CONECTORES

Al mirar un conector de fibra óptica con un OTDR, se aprecia un pico característico que muestra la posición del conector. Dicho pico es una medida del fenómeno de ORL o pérdida de retorno óptico del conector, o de la cantidad de luz reflejada en la fibra pulida al incidir sobre la interfaz fibra - aire de la superficie pulida del conector

de fibra. Este fenómeno denominado Reflexión de Fresnel, es producido por la luz que incide sobre la interfaz donde ocurre un cambio de índice de refracción entre la fibra (de $n=1.5$ aproximadamente) y el aire (de $n=1$ aproximadamente).

En la mayoría de sistemas, dicho pico de retorno es uno de los componentes de la pérdida del conector, que representa alrededor de 0.3 dBs de pérdida (para dos interfaces aire-vidrio al 4% de reflexión cada uno), la pérdida mínima para conectores sin contacto y sin fluido que realice la adaptación o emparejamiento del índice de refracción. Pero con la alta tasa o ratio de bit en los sistemas con fibra monomodo, dicha reflexión puede resultar la principal fuente de problemas de tipo bit-error rate (tasa de bit errado). La luz reflejada interfiere con el chip de diodo láser, originando el fenómeno de salto modal y puede ser una fuente de ruido. La minimización de la luz reflejada de retorno hacia el láser es necesaria para obtener el máximo valor de “performance” (desempeño) en los sistemas láser de alta tasa de bit, especialmente en los sistemas CATV modulados en AM.

Como esto es sólo un problema en los sistemas con fibra monomodo, los fabricantes han concentrado sus esfuerzos para resolver dicho problema en sus componentes de “monomodo”. Se han utilizado varios esquemas para reducir el fenómeno de ORL, entre los que se incluye la reducción del espacio entre los conectores a un valor equivalente de unas pocas longitudes de onda de luz, con lo que se detiene el fenómeno de “reflexión Fresnel”. La técnica usual involucra el pulido de la superficie final de la fibra convirtiéndola en una superficie convexa o ligeramente angulada que prevenga las denominadas reflexiones de retorno directas.

La medición del fenómeno de ORL según el procedimiento de prueba estándar FOTP-107 es directo, pero se requiere una configuración de prueba especial que a

continuación se menciona. Esta configuración de prueba puede utilizarse con una salida de fibra desnuda dentro del cual se instala un par conector (en forma análoga a la prueba FOTP-34 de pérdida de inserción del conector) o con una salida conectorizada para probar jumpers pre-conectorizados (como FOTP-171).

Para realizar el procedimiento de prueba denominado ELA FOTP-107, se requiere utilizar junto con un medidor de potencia estándar y fuente de luz, un acoplador calibrado para inyectar una fuente al cable de prueba o “pigtail” y medir la luz de retorno reflejada a la fibra. La tasa de división o separación del acoplador debe calibrarse para saber la cantidad de señal de retorno que llega al medidor de potencia y la cantidad que se desvía hacia la fuente del acoplador para calcular la cantidad total de ORL (reflexión de retorno). Debido a que el rango dinámico requerido para medir las pérdidas de retorno está en el rango de -25 a -60 dBs, se necesita utilizar una fuente láser de alta potencia. Y la fuente debe ser suficientemente estable para poder realizar mediciones exactas en tiempos relativamente prolongados requeridos en este experimento.

Para medir la pérdida de retorno, hay que medir la cantidad de potencia transmitida hacia el final del cable (P_{salida}) y la potencia de retorno reflejada al puerto de prueba del acoplador ($P_{retorno}$) con un medidor de potencia de fibra óptica. Para calibrar el efecto de algún “crosstalk” (diafonía) en el acoplador o el de ORL (reflexiones de retorno) de algunos conectores o empalmes intermedios, se sumerge el extremo del conector a probarse en un fluido de acoplamiento de índice (el alcohol trabaja bien y no es difícil para realizar la limpieza) y se registra la potencia en el puerto del acoplador que se prueba (P_{cero}). Si el ratio de corte del acoplador es R_{corte} (la fracción de luz que va hacia el puerto de medición cuando se transmite en la

dirección de retorno), la pérdida óptica de retorno (ORL) medida en decibelios (dBs) es:

$$ORL (dB) = \frac{P^{retorno} - P^{cero}}{R^{corte} \times P^{salida}}$$

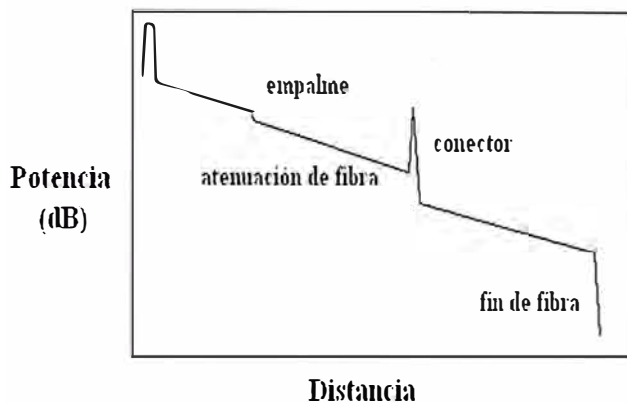
Los conectores del “estado del arte” tienen una pérdida de retorno de alrededor de 40 a 60 dBs, o sea alrededor de uno a diez milésima a una millonésima de la luz de retorno es reflejada hacia la fuente. **Las configuraciones para las mediciones necesitan ser cuidadosamente controladas para obtenerse una data válida. El conector de prueba que se utilice para probar otros conectores o cables de “jumper” debe estar siempre limpio y periódicamente se debe repulir para asegurar una superficie lo más perfecta posible en acabado.** Los puristas notarán que dichas mediciones de “Psalida” ignoran la reflexión Fresnel desde el final del cable de fibra en prueba y tal vez incluso la ventana del detector, lo cual puede adicionar un ligero porcentaje de error.

La medición de la pérdida óptica de retorno no es una medición precisa. Los ratios de acoplamiento son difíciles de calcular, las reflexiones en el acoplador y los conectores son difíciles de poner a cero, cualquier suciedad o uso del conector para pruebas afectará el resultado de las mediciones y el rango dinámico de las mediciones son tan grandes que las incertidumbres de hasta +/- 1 dB son caso común.

Como en todas las mediciones de potencia de fibra óptica, los fabricantes de instrumentos son los responsables de proporcionar una excesiva resolución del instrumento, mayor que el garantizado por la incertidumbre de la medición. Los fabricantes también ofrecen instrumentos dedicados para medir el ORL (Pérdida

óptica de retorno); pero la medición puede realizarse fácilmente utilizando un medidor estándar de potencia y una fuente de láser.

Mientras que las técnicas anteriormente mencionadas son referentes a las mediciones de la pérdida óptica de retorno del conector o del empalme, dichas técnicas también



se utilizan para probar los conectores de los cables “jumpers”. Sin embargo, ellos no se utilizan para probar conectores o empalmes que son instalados en un enlace. Una vez que ellos son instalados, se deben realizar pruebas con un OTDR.

FIGURA N° 11: EVENTOS QUE SE VISUALIZAN EN UN OTDR.

El pico que se observa cuando se ve un conector con un OTDR puede medirse con respecto a la señal de dispersión de retorno en el OTDR. La mayoría de OTDRs se calibran para realizar estas mediciones directamente. La técnica de acoplador/ fuente de láser/ medidor de potencia, algunas veces denominada “optical continuous wave reflectometry” (OCWR) o reflectometría de onda óptica continua, no puede utilizarse una vez que los componentes se hacen parte de la planta de cable, porque la dispersión de retorno continua desde la fibra óptica enmascara u oculta los efectos de cada uno de los componentes. Además si ocurre un problema, se necesita saber su ubicación, y solamente el OTDR puede brindar dicha información.

1.2.5 DURABILIDAD DE LOS CONECTORES Y EMPALMES

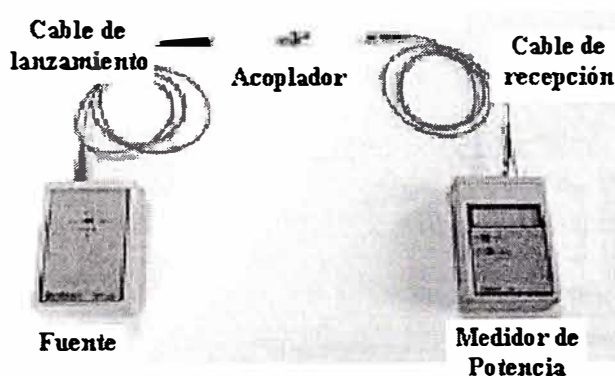
Otro factor importante en un conector es la durabilidad de su diseño, que se muestra en su **capacidad para soportar muchas uniones sin degradar su pérdida**. La prueba de durabilidad del conector consiste simplemente en repetir las uniones y desuniones de la pareja de conectores y medir su pérdida correspondiente cada vez. Como la pérdida es una función de ambos conectores y de la manga de alineamiento, es útil el determinar cuáles son los que contribuyen en la degradación. Cuando se utilizan las mangas plásticas de alineamiento con los conectores cerámicos, por ejemplo, se gastan más rápido por lo general, al raspar el plástico que hay en el ferrule dentro del conector y produciendo que aumente la pérdida y la pérdida de retorno. Cuando se prueba la durabilidad, **es muy importante la inspección periódica de la superficie del conector y de los ferrules con un microscopio para determinar el uso o la contaminación**.

La durabilidad del empalme se debe a que soporta muchos ciclos de tensión medioambiental, y frecuentemente se utilizan empalmes en las cercanías del empalme en pedestales o montado en polos donde se les expone a cambios climáticos extremos. Los fabricantes normalmente prueban varios empalmes a través de muchos ciclos medioambientales mediante el envejecimiento acelerado (artificialmente) para determinar su durabilidad. Tales pruebas normalmente pueden tomar años.

1.2.6 PRUEBA DE LOS CABLES CONECTORIZADOS

Después de que se agregan los conectores al cable, se deben incluir pruebas de la pérdida en el cable de la fibra más las pérdidas de los conectores. En grupos de cables muy cortos (de hasta 10 metros de longitud), la pérdida de los conectores es la única pérdida relevante; mientras que la fibra contribuye en las pérdidas totales en los grupos de cables más largos. **En una planta de cable instalada, se debe probar el cable completo desde un extremo al otro extremo, incluyendo cada componente que contiene, tales como empalmes, acopladores y los conectores intermedios entre los patch panels.**

Obviamente no se puede probar grupos de cables en la misma forma en que se prueba solamente los conectores de fibra, porque dichas pruebas son destructivas. En

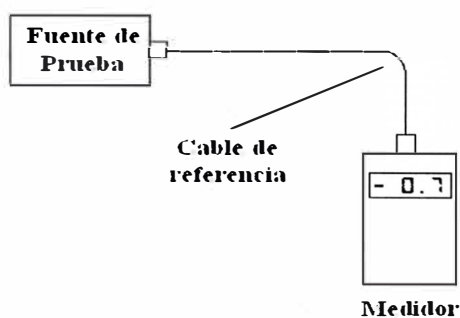


lugar de utilizar una prueba restrictiva, con este fin se utiliza una fuente con un “cable de lanzamiento” conectado para calibrar la potencia que se va a inyectar al cable bajo prueba.

FIGURA N° 12: CABLES DE REFERENCIA PARA PRUEBAS

Este método no se utilizaba al principio; en cambio, se utilizaba el método de prueba de sustitución de cable.

En este método, se conectaba a la fuente un cable de referencia de corta longitud

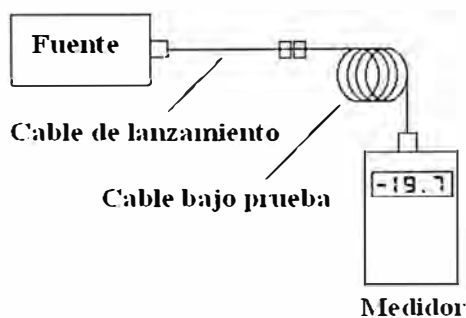


(aproximadamente de 1 metro) y de alta calidad y se registraba la potencia. Después de remover este cable de la fuente, el cable que se prueba se conectaba luego a la fuente y se medía la potencia.

FIGURA N° 13: MEDICIÓN POR SUSTITUCIÓN DE CABLE

La pérdida del cable se referenciaba entonces con el primer cable. Este método se abandonó, debido a que frecuentemente producía confusión cuando el cable en prueba era de mejor condición que el cable de referencia y se obtenía una “ganancia” en lugar de una pérdida, el acoplamiento a la fuente era altamente irrepetible, y la prueba no probaba adecuadamente la geometría central de la fibra en el ferrule del conector.

Una prueba mejor, el FOTP-171 se ha desarrollado sobre las líneas de FOTP-34 para los conectores. Se empieza conectando un “cable de lanzamiento” a la fuente hecho del mismo tamaño de fibra y tipo de conector que la fibra a probarse.

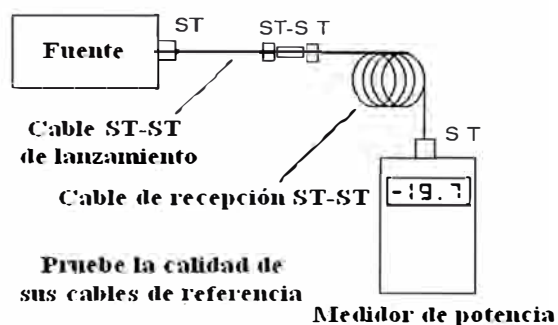


La potencia desde el final de este cable de lanzamiento se mide con un medidor de potencia para calibrar la “potencia de lanzamiento” para esta prueba. Luego el cable a probarse se conecta y se mide la potencia en el final nuevamente.

FIGURA N° 14: PRUEBA FOTP-171

Se puede calcular la pérdida que introducen los conectores conectando el cable de lanzamiento y la fibra en el cable mismo.

Como con esta prueba solo se mide la pérdida en el conector acoplado al cable de

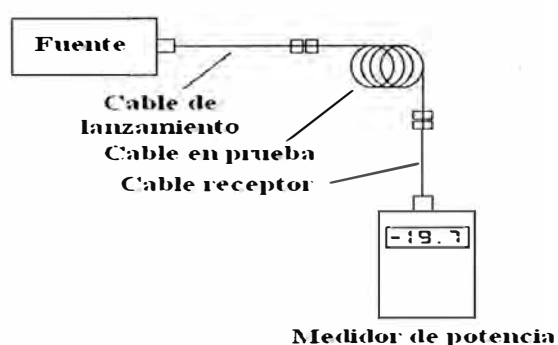


lanzamiento, se puede adicionar un segundo cable en el final del medidor de potencia, denominado cable receptor, de tal forma que el cable a probarse se encuentre entre el cable de lanzamiento y el cable receptor.

FIGURA N° 15: PRUEBA DE LOS CABLES DE REFERENCIA

Luego se mide la pérdida en ambos conectores y en todos los demás elementos intermedios. Esto es comúnmente denominado prueba de pérdida de doble terminación.

Ha habido dos interpretaciones de calibración de la salida de la fuente en esta prueba.



Una de dichas interpretaciones es la que conecta el cable de lanzamiento a la fuente y el cable receptor al medidor de potencia. Los dos entonces se conectan y se convierten en la referencia de "0 dBs".

FIGURA N° 16: CALIBRACIÓN UTILIZANDO CABLE DE LANZAMIENTO Y DE RECEPCIÓN

El segundo método solamente conecta el cable de lanzamiento a la fuente y se mide la potencia desde el cable de lanzamiento con el medidor de potencia.

Con el primer método, se tiene dos nuevas incertidumbres de medición. En primer lugar, este método subestima la pérdida del cable de planta por la pérdida de una conexión, debido a que se pone a cero durante el proceso de calibración. En segundo lugar, si se tuviera un mal conector en uno o en ambos cables de prueba, se oculta o enmascara durante la calibración, debido a que aún en el supuesto de que los dos

conectores tuvieran una pérdida de 10 dBs, no sería visto por el método de calibración utilizado.

En el segundo método, el de la “potencia de lanzamiento”, se mide directamente con el medidor. Esto también permite medir ambos conectores del cable en prueba, debido a que la potencia se referencia con la potencia de salida del conector de lanzamiento. Adicionalmente se puede probar la calidad del acoplamiento de los conectores que poseen los cables de prueba, mediante la conexión de un “jumper” de recepción con el medidor y luego midiendo la pérdida de la conexión entre los “jumpers” de lanzamiento y de recepción. Si esta pérdida es elevada, se sabrá que ocurre un problema con los conectores de prueba los que deberán repararse antes de que pueda ejecutarse las mediciones de la pérdida del cable real.

Obviamente, se prefiere el segundo método. Ambos métodos se detallan en el procedimiento denominado OFSTP-14, que es la extensión de FOTP-171 para incluir las plantas de cable instaladas, la cual también discute los problemas asociados con la distribución modal de potencia.

1.2.7 LOCALIZACIÓN DE UNA MALA CONECTORIZACIÓN

Si el resultado de la prueba muestra que un cable de “jumper” tiene alta pérdida, hay muchas maneras de encontrar el problema. Si se dispone de un microscopio, se inspecciona los conectores para localizar defectos obvios tales como rasguños, roturas o contaminación de la superficie. Si se apreciaran como buenas, limpiarlos antes de reprobarlos. Se reprueba el cable de lanzamiento para asegurarse de que está en buen estado. Luego se reprueba el cable de “jumper” con el método de una sola terminación, utilizando solamente un cable de lanzamiento. Se debe probar el cable en ambas direcciones. El cable debería tener más alta pérdida cuando se prueba con

el conector malo conectado al cable de lanzamiento, debido a que el detector de área grande del medidor de potencia no se afectará mucho por factores típicos de pérdida de los conectores.

1.3 SELECCIÓN DE UN CABLE DE REFERENCIA PARA PRUEBAS

¡Aún cuando sea un instalador experimentado, debe recordar tener la herramienta apropiada para realizar bien su trabajo! :

Fuente y medidor de potencia o un “test kit” (“kit” o juego para pruebas).

“Cleaning stuff” (material para limpieza) – pañitos para limpieza que sean libre de hilachas y pelusas y alcohol isopropílico puro.

Acopladores (“bushings” para hacer empalmes) incluyendo acopladores híbridos en caso se requieran.

Cables de lanzamiento para referencia (“jumpers” de prueba), que previamente hayan sido probados.

Obviamente, la calidad del cable de lanzamiento afectará las mediciones de pérdida en los grupos de cables que los utilicen durante la prueba. Los buenos conectores con un pulido adecuado son obviamente los requeridos, pero puede mejorarse las mediciones si se tiene especificaciones estrechas en la fibra y los conectores. Si la fibra se aproxima a las especificaciones nominales y el ferrule del conector es tolerado ajustadamente, se puede esperar mediciones que sean más repetibles.

Le parecía obvio al comité que especifica la planta del cable para FDDI a mediados de los años 1980 que se pudiera obtener data más precisa en la pérdida del cable de planta y la potencia que se inyecta al cable con el transmisor si se especificara un grupo de cables de precisión.

En una serie de pruebas realizada en una muestra grande de cables, se mostró que la estrechez en cuanto a la tolerancia de la fibra y conectores tenía un pequeño efecto en la variabilidad de los cables cuando se interconectaban. De hecho, la menor variabilidad provino de un juego de cables fabricado que se utilizaba fuera de los componentes del estante, pero con un diseño de cable que tenía una chaqueta mucho más dura que los otros cables, lo cual redujo los cambios de la pérdida por doblamiento en la armadura posterior del conector.

Parece que el gran número de factores involucrados en las pérdidas por acoplamiento hicieran imposible controlar estas tolerancias. Por lo tanto, se recomienda que se escojan los cables de lanzamiento con bajas pérdidas, pero **no se han especificado tolerancias más estrechas en las características de la fibra o del conector. Es probablemente mucho más importante el manejar cuidadosamente los cables para pruebas e inspeccionar regularmente si las superficies finales de los ferrules están sucios o arañados.**

La configuración final de prueba se verá como a continuación se indica:

Estos cables de referencia son cables de “jumper” estándares, de 1 a 2 metros de longitud, con conectores de baja pérdida (<0.5 dB.). Ellos deben coincidir con el tipo y tamaño de fibra en el cable y acoplarse a los conectores en los cables a probar. **¡Se debe probar estos cables a menudo para asegurarse de que están en buenas condiciones, en caso contrario todas las mediciones resultarán malas!** La mayoría de fibras multimodo son del mismo tamaño (62.5 micrones el núcleo) y se conectan a conectores ST y toda fibra monomodo es básicamente lo mismo, simplificándose el inventario de los cables para prueba.

La configuración de un cable de referencia para pruebas con instrumentación será como a continuación se indica:

Cuando se especifican los cables para las necesidades de pruebas, se requiere conocer la siguiente información:

Tipo de cable - simplex o duplex.

Tipo de fibra - 50, 62.5, o monomodo.

Tipo de conector en cada extremo, es decir: ST, SC, FC.

Longitud del cable.

1.4 PREPARACIÓN DE LOS CABLES DE REFERENCIA PARA LAS PRUEBAS

¡Primeramente, se prueban los cables de referencia uno con otros!

Se utiliza el mismo procedimiento de prueba que en el caso de un solo cable, es decir la prueba denominada “Prueba FOTP-171”.

1.4.1 PRUEBA DE CABLES DE REFERENCIA CON CONECTORES ST

SOLAMENTE

Se requiere lo siguiente: Fuente, medidor de potencia con adaptador A238 ST o Uni-adaptador.

Cable de lanzamiento para referencia con conectores de tipo ST-ST y acopladores de tipo ST-ST.

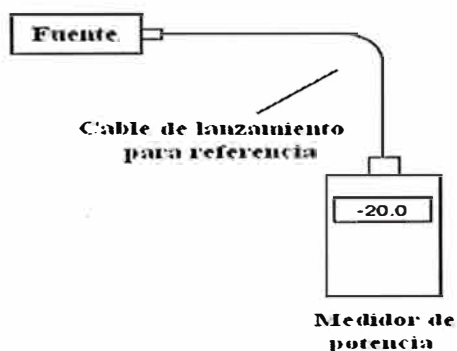


FIGURA N° 17: FIJACIÓN DEL NIVEL DE POTENCIA DE REFERENCIA 0 dB

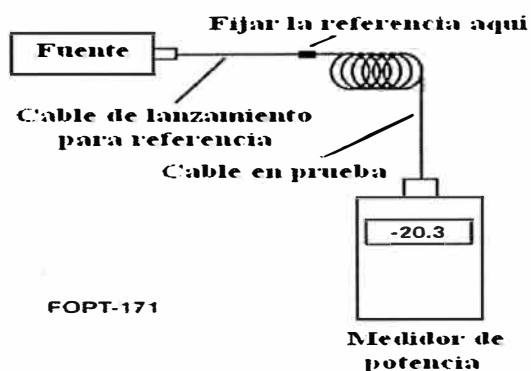
FIJAR LAS REFERENCIAS. Es decir, el nivel de potencia de "0 dB" - o pérdida cero.

Conectar un cable de lanzamiento con conector ST a la salida ST de la fuente para prueba.

Se mide el nivel de potencia obtenido con el medidor de potencia. Si el medidor no posee un botón para fijar el valor referencial de "cero dB", hay que fijar la fuente de potencia con un valor referencial que sea fácilmente de recordar, como por ejemplo - 20.0 dB.

Esto constituirá la referencia de potencia con pérdida cero. Una vez que se haya fijado este nivel de potencia. A partir de este instante no hay que desconectar el cable de lanzamiento de la fuente; porque la potencia puede cambiar cuando se desconecta y reconecta el cable.

A continuación hay que probar los cables



Utilizando un acoplador ST-ST, hay que conectar el cable que se desea probar con el extremo del cable de lanzamiento.

Se conecta el otro extremo del cable que se desea probar, con el medidor y se toma la lectura de su valor.

**FIGURA N° 18: PRUEBA DE CABLES
CON CONECTORES ST**

La diferencia de potencia es la pérdida. Debido a que el valor de "dB" proviene de una escala logarítmica, una potencia más baja producirá un número más negativo.

Por ejemplo, si la referencia fuera -20.0 dB y el valor medido fuera -20.3 dB, la pérdida es 0.3 dB.

Ésta es una medición de la pérdida de solamente el par de conectores que se acoplan. El detector en el medidor de potencia es tan grande que captura toda la luz y por lo tanto no tiene pérdida.

Se puede probar el conector del otro extremo del cable mediante la inversión del cable a probar. Hay que realizar dicho procedimiento para verificar ambos conectores.

¡Los cables de referencia para pruebas deberán tener pérdidas menores que 0.5 db para obtener mejores resultados!

Se conectan los conectores de tipo ST de los cables de referencia con los acopladores híbridos y se conecta luego el cable a probarse con los cables de lanzamiento. Entonces se podrá tener la lectura de la pérdida correcta del cable en el medidor.

1.4.2 PRUEBA DE CABLES DE REFERENCIA CON CONECTORES SC, FC, FDDI o ESCON

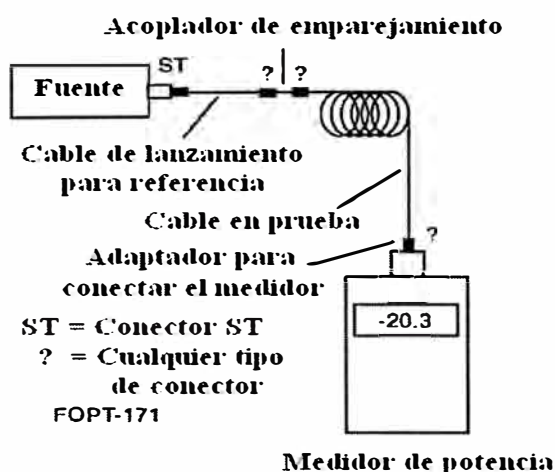


FIGURA N° 19: PRUEBA DE CABLES UTILIZANDO ACOPLADOR DE EMPAREJAMIENTO.

Se requiere utilizar lo siguiente: Fuente óptica, medidor de potencia con adaptador A238 ST o Uni-adaptador.

En el medidor de potencia se debe utilizar un adaptador apropiado de acuerdo al conector que se está probando.

Cable híbrido para el cable referencia de lanzamiento con conector de tipo ST en un extremo, y el mismo tipo de conector que se está probando en otro extremo (SC, FC, FDDI o ESCON).

Acopladores del tipo de conector que se desea probar.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Se conecta a la fuente el cable de lanzamiento con conector ST.

Se fija la referencia con el medidor.

Se conecta el cable a probarse con un acoplador apropiado.

Se obtiene la lectura de la pérdida en el medidor.

1.4.3 UTILIZACIÓN DE CABLES DE REFERENCIA CON CONECTORES ST PARA PRUEBAS CON CONECTORES SC, FC, FDDI O ESCON

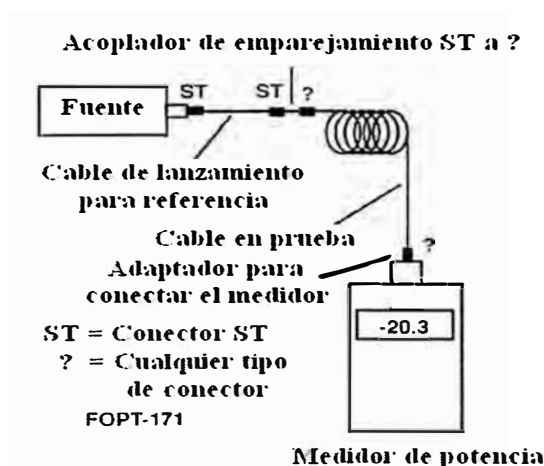


FIGURA N° 20: PRUEBA UTILIZANDO CABLES DE REFERENCIA CON CONECTORES ST Y ACOPLADOR DE EMPAREJAMIENTO

Se necesita lo siguiente:

Un cable de referencia para lanzamiento con conector de tipo ST-ST.

Un acoplador híbrido de conector tipo ST en un extremo y del tipo idéntico al que se va a probar en el otro extremo (SC, FC, FDDI, o ESCON).

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Se conecta a la fuente el cable de lanzamiento con conector de tipo ST.

Se fija la referencia con el medidor con adaptador ST.

Cambiar el adaptador en el medidor por uno apropiado.

Conectar el cable a probarse con un acoplador apropiado.

Tomar la lectura de la pérdida que se obtiene en el medidor.

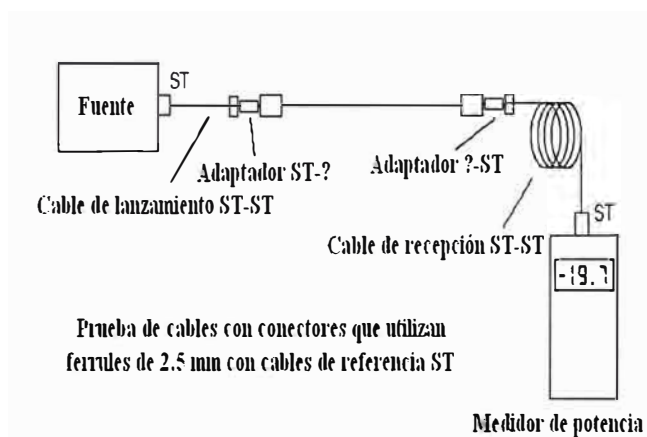


FIGURA N° 21: PRUEBA DE CABLES UTILIZANDO DOS CABLES DE REFERENCIA ST-ST Y DOS ADAPTADORES ST

NOTA: Los adaptadores para medición FOTEC están diseñados para poder intercambiarse sin afectarse la calibración con la excepción del adaptador para FDDI. El diseño del conector para FDDI crea errores cuando se le utiliza con instrumentos FOTEC con pequeños detectores (como los Mini medidores y probadores de FO).

1.4.4 PRUEBA DE CABLES DE REFERENCIA CON CUALQUIER TIPO DE CONECTOR

Se necesita utilizar lo siguiente:

Una fuente óptica.

Un medidor de potencia con el tipo de adaptador para el conector que se va a probar.

Un cable híbrido, para conectarse con el cable de referencia para lanzamiento, con conector ST en un extremo y el tipo de conector que se va a probar en el otro extremo.

Acopladores con el tipo de conector idéntico al que se va a probar.

Este es el método que debe ser utilizado si los conectores no tienen ferrules de “adaptación” a los de tipo ST de 2.5 mm. (por ejemplo: Bicónico, SMA, D4).

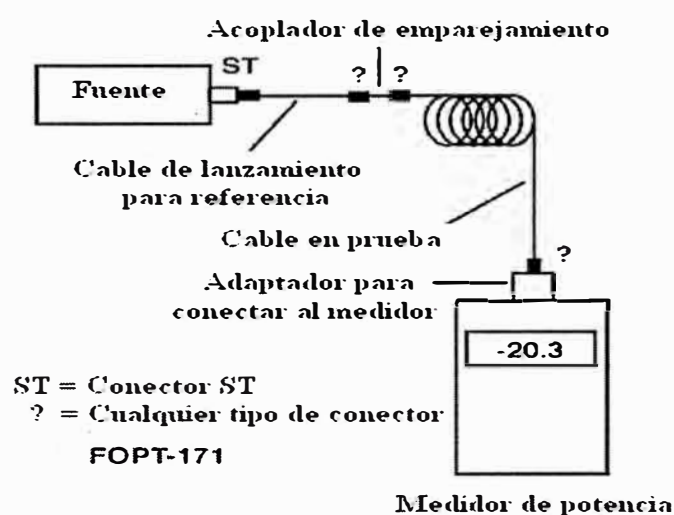


FIGURA N° 22: PRUEBA DE CABLES CUYOS

CONECTORES NO TIENEN FERRULES DE ADAPTACIÓN A ST.

Se conecta el cable para probarse con el conector apropiado.

Se registra la lectura de pérdida en el medidor.

Por ejemplo, se utiliza conectores bicónicos con fuente de tipo ST. Se pone el adaptador bicónico en el medidor, y se conecta el bicónico al cable con conector tipo ST en la fuente y se mide la salida para obtener una referencia de pérdida.

Si tanto el cable de lanzamiento como el de recepción fueran híbridos, se tendría que cambiar el adaptador en el medidor con el conector de tipo apropiado para poder realizar la medición.

Luego de haber probado los cables de referencia y de haberse asegurado de que están en buen estado, se pueden ya probarse los cables de planta.

1.5 PRUEBA DE CABLES PARA PARCHADO

Los cables para parchado (patchcords) generalmente se prueban según el método "desde un solo extremo", de la misma forma en que se prueban los cables de referencia. Hay que realizar los mismos procedimientos, probándose desde ambos extremos y registrándose los valores resultantes.

1.6 PRUEBAS EN LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA INSTALADA

La planta de cable instalada (el nombre con el que designamos la instalación completa de cable de extremo a extremo) se prueba utilizando un método ligeramente diferente, denominado OFSTP-14 (OFSTP = Optical Fiber Test Procedure = Procedimiento de prueba de la fibra óptica). Este método utiliza un cable de lanzamiento conectado a la fuente y un cable de recepción conectado al medidor. Recordemos que los conectores son probados acoplándolos con otros conectores, de tal forma que el cable de lanzamiento prueba el conector en dicho extremo de la planta de cable y el cable de recepción prueba el conector en el otro extremo.

Hay que recordar siempre de fijar las referencias en la misma forma, con solamente un cable de lanzamiento. Otros métodos no son estándares para

probar la planta de cable de la red y darán malos resultados. Algunos proveedores tienen otros métodos; pero ¡¡¡se recomienda no utilizarlos!!!

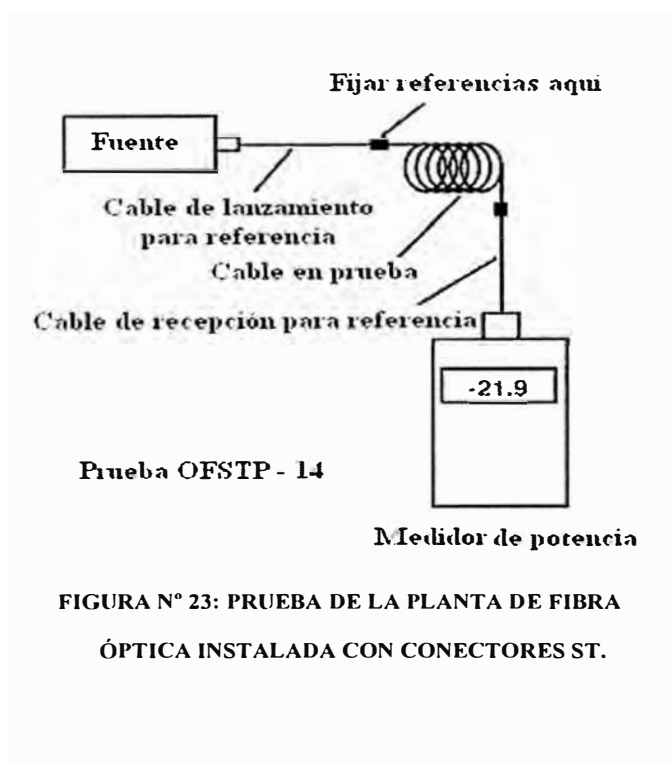
1.6.1 PRUEBA DE LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA INSTALADA CON CONECTORES TIPO ST

Se requiere utilizar lo siguiente:

Fuente óptica, medidor de potencia con A238 y adaptador de tipo ST o Uni-adaptador.

Cables de referencia para lanzamiento y recepción con conectores ST.

Acopladores de tipo ST-ST.



PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Conectar el cable de lanzamiento con conector ST a la fuente.

Fijar la referencia con el medidor.

Conectar el cable de referencia para recepción con el medidor.

Conectar el cable a probar con los acopladores apropiados.

Leer la pérdida en el medidor.

1.6.2 PRUEBA DE LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA CON CONECTORES SC, FC, FDDI o ESCON INSTALADA UTILIZANDO CABLES HÍBRIDOS (MÉTODO 1)

Se necesita lo siguiente:

Fuente óptica, medidor de potencia con adaptador tipo A238 ST o Uni-adaptador.

Adaptador para el tipo de conector que se va a probar.

Dos cables híbridos (uno de ellos va a ser el cable de lanzamiento y el otro va a ser el cable de recepción) con conector de tipo ST en un extremo, y el tipo de conector que se va a probar en el otro extremo (SC, FC FDDI o ESCON) y acopladores.

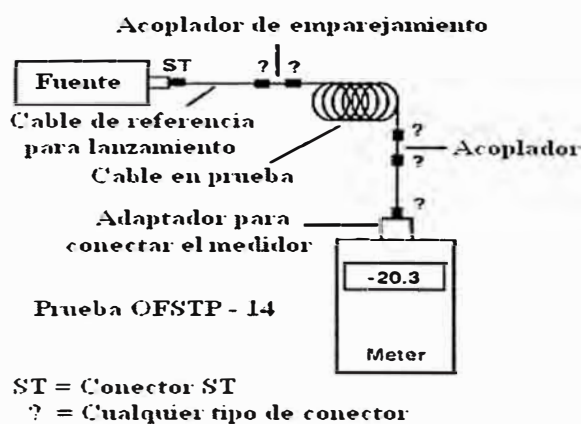


FIGURA N° 24: PRUEBA DE LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA (MÉTODO 1).

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Conectar el conector tipo ST del cable de lanzamiento con la fuente.

Fijar la referencia con el medidor.

Conectar el cable de referencia de recepción con el medidor.

Conectar el cable a probarse con acopladores apropiados.

Leer la pérdida en el medidor.

1.6.3 PRUEBA DE LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA CON CONECTORES SC, FC, FDDI o ESCON INSTALADA UTILIZANDO ACOPLADORES HÍBRIDOS (MÉTODO 2)

Se necesita lo siguiente:

Un cable de referencia para lanzamiento que debe tener conectores tipo ST-ST.

Dos acopladores híbridos con conectores ST en un extremo y el tipo de conector que se está probando en el otro extremo.

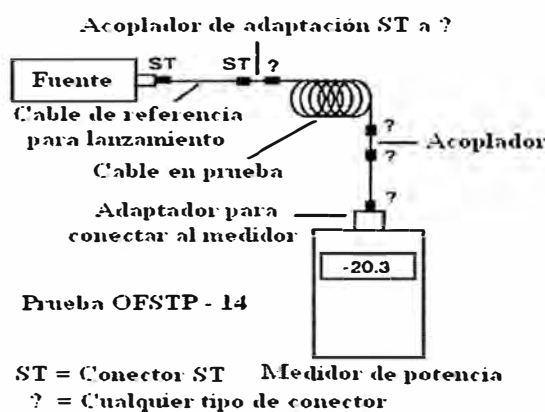


FIGURA N° 25: PRUEBA DE LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA (MÉTODO 2).

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Conectar el cable de lanzamiento con conector ST a la fuente.

Fijar la referencia con el medidor.

Conectar el cable de referencia para recepción al medidor.

Conectar el cable a probar con los acopladores apropiados.

Leer la pérdida en el medidor.

1.6.4 PRUEBA DE LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA CON CUALQUIER TIPO DE CONECTOR INSTALADO.

Se necesita lo siguiente:

Fuente óptica, medidor de potencia con adaptador de tipo A238 ST o Uni-adaptador.

Adaptador para el tipo de conector que se va a probar.

Dos cables híbridos con conector tipo ST en un extremo, y el tipo de conector que se

va a probar en el otro extremo.

Uno será el cable de lanzamiento y el otro será el cable de recepción.

Acoplador híbrido con conector tipo ST en un extremo y el tipo de

conector que se va a probar en el

otro extremo.

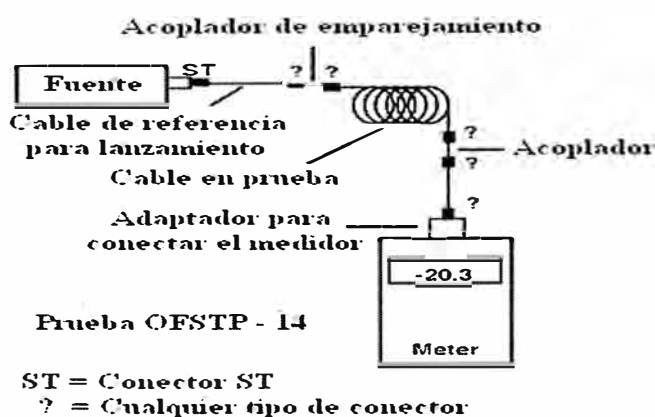


FIGURA N° 26: PRUEBA DE LA PLANTA DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA CON CUALQUIER TIPO DE CONECTOR INSTALADO.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Conectar el cable de lanzamiento con conector ST con la fuente.

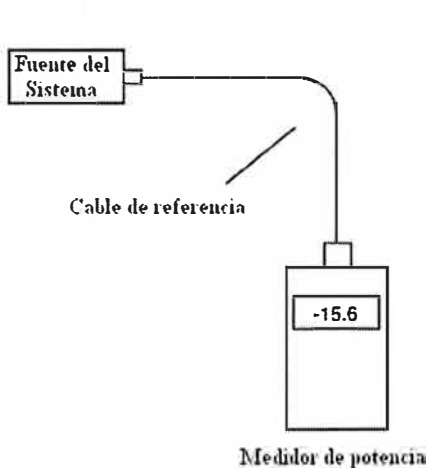
Fijar la referencia con el medidor.

Conectar el cable de referencia para recepción con el medidor.

Conectar el cable a probar con acopladores apropiados.

Leer la pérdida en el medidor.

1.7 PRUEBA DE LA POTENCIA ÓPTICA



Se necesita lo siguiente:

Medidor de potencia con adaptador apropiado para conectar.

Cable de referencia que se conecta con el transmisor que se va a probar para medir la potencia del transmisor.

FIGURA N° 27: PRUEBA DE LA POTENCIA ÓPTICA DE UN TRANSMISOR.

1.7.1 PRUEBA DE LA POTENCIA ÓPTICA DESDE UN TRANSMISOR DE POTENCIA

Conectar el cable con el transmisor (o desconectar el “patchcord” que se encuentre conectado con él).

Encender el transmisor.

Conectar el medidor.

Fijar el medidor a la longitud de onda de la fuente.

Leer la potencia (generalmente se especifica en dBm).

1.7.2 PRUEBA DE LA POTENCIA ÓPTICA DESDE UN RECEPTOR DE POTENCIA

Desconectar el cable de entrada al receptor.

Conectar el cable con el medidor.

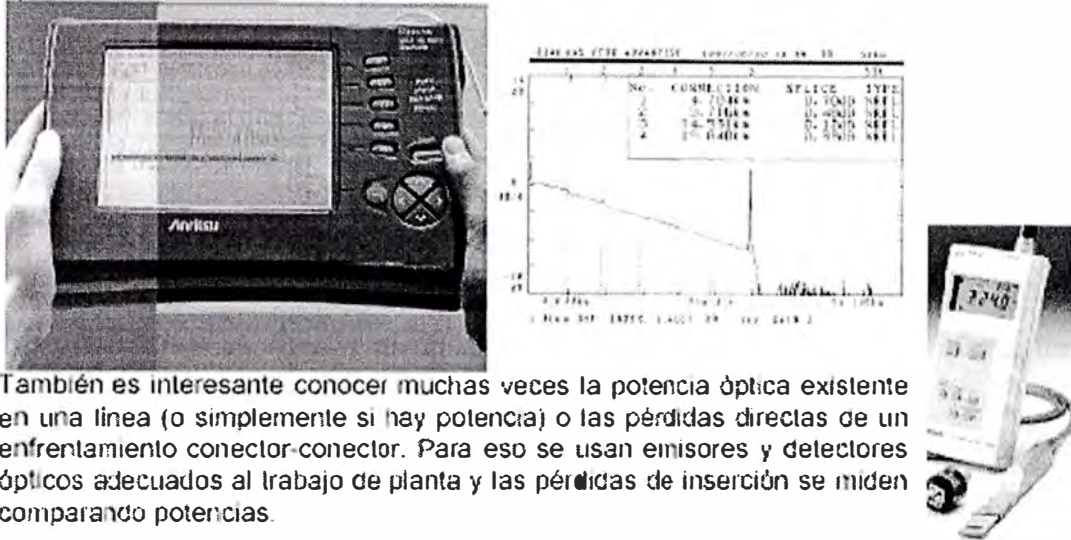
Leer la potencia (generalmente se especifica en dBm).

1.8 PRUEBAS CON EL OTDR

Antiguamente se utilizaron los OTDRs para todas las pruebas de las plantas de cable instaladas. De hecho, se guardaron copias impresas o cuadros de las trazas de los OTDRs en registro para cada fibra en cada cable. El medidor de potencia y la fuente (denominados OLTS) han reemplazado al OTDR en la mayoría de las pruebas finales de calificación de fibra debido a que el procedimiento de medición de la pérdida directa es una prueba más confiable de la pérdida de extremo a extremo que el obtenido con un OTDR.

Sin embargo, **el OTDR se necesita utilizar para encontrar malos empalmes o problemas de pérdida óptica de retorno en los conectores y empalmes en la planta de cable monomodo. Solamente con el OTDR se pueden localizar problemas de ORL para proceder a su corrección.** Las pruebas típicas de ORL solamente proporcionan la cantidad total de dispersión de retorno o pérdida de retorno, no los efectos de los componentes individuales, lo que es necesario para localizar y corregir el problema.

El elemento clave para la caracterización y comprobación de los elementos de planta es el reflectómetro óptico. Con él se puede caracterizar la atenuación de una línea de fibra óptica, saber cuantos empalmes y conectores existen y medir sus pérdidas de inserción.



También es interesante conocer muchas veces la potencia óptica existente en una línea (o simplemente si hay potencia) o las pérdidas directas de un enfrentamiento conector-conector. Para eso se usan emisores y detectores ópticos adecuados al trabajo de planta y las pérdidas de inserción se miden comparando potencias.

FIGURA N° 28: SISTEMAS DE CARACTERIZACIÓN DE PLANTA

El OTDR también puede utilizarse para encontrar malos conectores o malos empalmes en una planta de cable con alta pérdida, si el OTDR tiene una resolución suficientemente alta para observar grupos cortos e individuales de cable. Sin embargo, **si los cables son demasiado cortos o los empalmes están demasiado cercanos al final de la fibra (como es generalmente el caso de los “pigtailes” empalmados en los cables de fibra monomodo), la única forma de ubicar el problema es utilizando un “visual fault locator”, es decir un “localizador visual de fallas”,** preferentemente si es de tipo láser HeNe de alta potencia, lo que puede brillar a través de la chaqueta color amarillo o anaranjado típico de los cables de fibra con chaqueta de PVC. Este método de ubicación de falla es más fácil de utilizarse si los cables de fibra utilizan chaquetas de color amarillo o anaranjado que son mucho más translúcidos con la luz láser.

1.9 PRUEBAS DE LA PÉRDIDA ÓPTICA DE RETORNO DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA

La prueba denominada “pérdida óptica de retorno” (ORL), es decir la pérdida óptica de retorno, de los cables y grupos de cables es muy importante en los sistemas láser de tipo monomodo, debido a que la luz láser que se refleje de retorno a la fuente puede ocasionar inestabilidad, ruido o no linealidad. Mientras que la prueba ORL de un grupo de cables es similar al de un conector, utilizando ya sea el procedimiento FOTP-107 o el método OTDR, se deben notar varios factores para minimizar los errores.

Primero, asegurarse que el conector de lanzamiento sea de la calidad más fina asequible, e inspeccionarlo a menudo por si tuviera suciedad, contaminación y rasguños (rayaduras). El repulido es a menudo posible en la mayoría de los conectores codificados, de ferrule cerámico y frecuentemente mejorarán las mediciones. También asegurarse que el “bushing” del empalme utilizado se mantenga limpio y sin muestras del uso.

Recordar que se debe terminar el conector en el extremo lejano del grupo de cable, en caso contrario reflejará la luz y dará falsas lecturas. El sumergir el conector dentro de un fluido de adaptación de índice, o “gel”; pero poniendo varias torceduras firmes en la fibra para crear atenuación, normalmente producirá que se minimicen también los efectos de reflexión.

Los OTDRs están limitados en su utilidad cuando se prueban cables de “jumper”, porque los “jumpers” son generalmente demasiado cortos para la resolución del OTDR. El OTDR puede ser ayudado si se utiliza un cable de

lanzamiento largo cuidadosamente terminando el conector abierto para prevenirlo de la luz que se refleje lo cual puede incluirse en el pico que se aprecia en el OTDR. **En la planta de cable instalada, hay que asegurarse que el pico de la reflexión de retorno del OTDR no exceda el rango dinámico del OTDR, o la medición subestimará la reflexión.**

1.10 RECOMENDACIONES PARA UNA MANIPULACIÓN ADECUADA

- Los conectores se utilizan para conectar dos fibras o una fibra a los dispositivos activos.
- Los empalmes se utilizan para conectar permanentemente dos fibras.
- Tanto para los conectores como para los empalmes, la pérdida es el parámetro principal de desempeño (“performance”) con la durabilidad y repetibilidad siguiéndole en importancia.
- La pérdida de retorno óptica ORL es de importancia solamente en redes de fibra monomodo, especialmente en AM, CATV.
- Los conectores y los grupos de cables se prueban para ver su pérdida de inserción utilizando como instrumentos los medidores de potencia y las fuentes.
- El extremo (superficie) del conector debe inspeccionarse periódicamente con el microscopio para controlar que conserve buen pulido y sin rasguños (arañazos) ni roturas.
- La distribución modal de potencia tiene gran efecto al medir la pérdida del conector o empalme en fibras multimodo.

- Las plantas de cables de fibra óptica deben ser probadas para controlar la pérdida de inserción de extremo a extremo y confirmar la compatibilidad con cualquier enlace de red que pueda darse.
- Se mide típicamente la pérdida de los enlaces multimodo para 850 y 1300 nm. La fibra monomodo se prueba siempre a 1310 nm y puede probarse también a 1550 nm.
- Las pruebas deben realizarse con medidores de potencia y con fuentes. Los OTDRs pueden utilizarse para medir longitudes de enlace, si son lo suficientemente largos, y pueden localizar problemas, pero no deben ser utilizados para probar pérdidas.
- Obviamente la calidad de los cables de referencia para las pruebas que se utilicen afectará el resultado de las mediciones. Pero ¿Qué es un buen cable? Es aquél que tiene buenos conectores con ferrules de tipo cerámico o metal (ferrule es el cilindro que sostiene y alinea a la fibra). También, deben dar, como resultado de las pruebas, bajas pérdidas.

Todos los cables FOTEC son probados en fábrica y se entregan los resultados de dichas pruebas.

- ¡La limpieza es favorable, en caso contrario se perjudicaría! Si se tuviera un cable de primera calidad, pero no se limpia apropiadamente, no se desempeñará apropiadamente. Por eso siempre:
 - Se debe trabajar en un área limpia.
 - Se debe poner los gorros o casquillos protectores del polvo en los conectores/acopladores, los cuales nunca deben dejarse descubiertos.

- Utilizar los paños pequeños libres de pelusas e hilachas y alcohol isopropílico puro. (FOTEC, por ejemplo, proporciona los “AlcoPads” con todos sus juegos de cables y conectores).
- Recordar que con el tiempo y el uso continuado se hacen inservibles los componentes y se obtendrá lecturas malas. Hay que tener cuidado apropiado para extender algo la vida de estos componentes.

CAPÍTULO II

NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FIBRA ÓPTICA

La necesidad en la infraestructura de una red eficaz y segura nunca ha sido mayor que en la actualidad, un ambiente económico difícil. **Los operadores de la red, los proveedores de servicios y las organizaciones de las empresas necesitan proteger su flujo de utilidad y la integridad de su red las 24 horas del día.** Ésta es una tarea difícil de realizar, debido al aumento de la competencia, de la cantidad de tecnologías en evolución continua y de las expectativas que los clientes en expansión ponen en su organización. Debido a que **la información se ha convertido en el recurso más valioso del mundo, la integridad de la infraestructura es ya una necesidad mayor.** Para sobrevivir en este mercado competitivo, cada operador debe trabajar eficientemente, la red debe ser confiable para dar servicios con tecnología de punta y tener el menor **tiempo fuera de servicio.** Con el crecimiento de la competitividad, **los portadores (“carriers”) y los proveedores de servicios han empezado a invertir estratégicamente en su infraestructura** con un enfoque significativo en la automatización de la administración, del mantenimiento y de las

soluciones de monitoreo de sus redes. Tradicionalmente, la gestión automatizada era considerada como un medio para conseguir mayores eficiencias interiores. **Hoy en día, la administración o gestión de redes es visto como una estrategia comercial vital, necesaria para lograr el rápido despliegue de nueva tecnología de alta calidad y el crecimiento encarando una competencia intensa.**

2.1 EL CONCEPTO DE SISTEMA DE PRUEBA REMOTO DE FIBRA (RFTS).

Las siglas RFTS corresponden al término en inglés "Remote Fiber Test System", o en español "Sistemas de Supervisión para Fibras Ópticas Remota". Un sistema de este tipo busca automatizar la tarea de las mediciones sobre el enlace físico en fibra óptica. Dichas labores son normalmente realizadas a base de reflectómetros, medidores de potencia, fuentes de luz, etc. Las mismas requieren largos desplazamientos y una considerable cantidad de horas hombre.

El RFTS es un concepto en el cual una red de fibras ópticas se conecta permanentemente a través de "switches". La incorporación de un software y las capacidades de control remoto crean un sistema que continuamente hará pruebas y analizará la red de fibras ópticas. El RFTS pronto será la el elemento clave para el mantenimiento de redes de fibra óptica.

Hay un pequeño argumento que las pruebas de fibras remotas pueden ahorrar a los clientes miles de dólares, y tal vez lo más importante, miles de llamadas de clientes enfadados. Debido a la naturaleza inherente de alta capacidad de las redes de fibra, el tiempo fuera de servicio del sistema puede significar un desastre, ya sea en caso el cliente se encuentre utilizando una fibra para LAN en una universidad local o ya sea que esté administrando una red internacional DWDM. Con un sistema de supervisión

remoto de fibra (RFTS), los clientes pueden verificar fácilmente que sus redes están trabajando adecuadamente. En caso que ocurra un corte de fibra, ellos también sentirán la tranquilidad al saber que cuentan con un buen equipo de reparación, con la información exacta a la mano para efectuar la reparación, con lo cual sería despachado en forma automática e inmediata para corregir el problema en la ubicación correcta. El sistema RFTS tiene una aproximación distintiva y pro-activa con la prueba de fibras ópticas: el monitoreo constante de las fibras, porque un sistema RFTS puede identificar los puntos de degradación que ocurren en fibras activas antes de que suceda una pérdida de transmisión. El sistema RFTS también permite que los usuarios realicen una variedad de pruebas desde una localización remota. Éstos incluyen las pruebas normales de la potencia, atenuación y del ORL, asimismo las pruebas avanzadas del fenómeno relacionado con el PMD; los OTDRs, OSAs, y WDMs, pueden también utilizarse para dirigir pruebas desde una localidad remota. Gracias a su flexibilidad, el RFTS está convirtiéndose en un elemento clave para realizar el mantenimiento de las fibras actuales y futuras.

2.1.1 Sistema de Prueba Remoto de Fibra (RFTS) Típico.

En una aplicación de Sistema de Prueba Remoto de Fibra típico (RFTS), hay muchos rasgos operacionales que refuerzan la fiabilidad de la red tanto diariamente como a largo plazo, con dos rasgos claves: La detección-aislamiento de la falla y el descubrimiento temprano de la degradación física de la planta. En esta sección, se presenta la forma en que estos dos rasgos pueden conducir a la disminución del tiempo fuera de servicio y al aumento de eficiencia operacional.

Más adelante, se presentan algunos beneficios al implementar un sistema de administración de fibra.

Las principales fuerzas que están detrás de esta tecnología son:

- **COMPETENCIA.**

La desregulación global de los proveedores de servicios de telecomunicaciones está creando un nuevo ambiente competitivo que hará que la “**Calidad de Servicio**” (QoS), sea un elemento importante para escoger al proveedor de servicios. De hecho que una red de fibras continuamente monitoreada es, por sí misma, una ventaja estratégica para los proveedores de servicios sobre sus competidores. Los “**Acuerdos del Nivel de Servicio**” (SLAs) entre los proveedores de servicios (Telco y CATV) y los clientes estratégicos del sector privado o las agencias gubernamentales especifican los estándares para el QoS y los tiempos de recuperación ante fallas. Si estos estándares no se cumplieran, los proveedores de servicios tendrían que pagar grandes penalidades, con el consiguiente riesgo de perder a sus clientes a quienes brindan servicios.

El monitoreo de Fibras ópticas actualmente se está convirtiendo en algo crítico. Llegará el momento en donde la competencia será absoluta, entonces es cuando la calidad y el servicio marcarán a diferencia.

- **DEMANDA PARA EL INCREMENTO DEL ANCHO DE BANDA.**

El **Internet**, junto con la proliferación de otras **nuevas tecnologías** tales como el **video en demanda**, **FTTC (fiber-to-the-curb o fibra restringida)**, **VPNs (Redes Privadas Virtuales)**, y **WANs (Redes de Área Amplia)**, están poniendo inauditas demandas en las aparentemente insaciables necesidades de ancho de banda. La demanda de Ancho de banda continuará creciendo y los servicios tales como **Vídeo**, **VPN** y **Redes de Área Amplia WAN** dependerán del estado de la red.

Afortunadamente, con la llegada de las **tecnologías de redes DWDM, OC-48 y OC-192**, la capacidad de transporte de información se ha incrementado dramáticamente, y se genera muchas más ganancia por fibra. Sin embargo, **los sistemas más rápidos significan directamente un riesgo superior. De hecho, las especificaciones técnicas muestran que más de 128,000 llamadas telefónicas simultáneas pueden manejarse con un sólo canal de OC-192. En este punto, el tiempo de restauración de la red se vuelve un problema mayor.**

- **RECURSOS HUMANOS LIMITADOS.**

Por otro lado, el número de personal disponible para el mantenimiento es limitado, incluso si la red es incrementada.

- **COSTO DE SERVICIOS.**

Hoy en día, una red de fibras confiable no es simplemente necesaria, es absolutamente vital para cualquiera que esté en el campo de las telecomunicaciones. Muchos servicios pueden costar \$ 10,000.00 dólares por canal y por minuto. Imaginemos que un sistema de 32-canales se cayera durante solamente una hora: Esto terminaría costando aproximadamente \$19.2 millones de dólares. En la mayoría de los casos, el **ROI (Retorno de la Inversión)** de un RFTS se logra después de la primera ruptura de cable. Y cuando empujamos más la envolvente del ancho de banda, los costos asociados con la pérdida de servicio aumentarán en la misma proporción.

Los portadores de los “**carrier**” (**portadores**) pueden arrendar fibras o anchos de bandas a los operadores garantizando un determinado “**Quality of Service**” (**QoS**) expresado típicamente en un **tiempo de operatividad** de la red. En la mayoría de los casos, los niveles garantizados de QoS, solamente pueden lograrse utilizando un

sistema RFTS. El RFTS proporcionará una **alerta anticipada, previniendo la ruptura total del cable o cuando ocurra una ruptura del cable señalará con precisión la ubicación de la ruptura del cable dentro de minutos** haciendo más corto el **tiempo fuera de servicio denominado "outage"**. En algunos casos, las fibras son arrendadas incluyendo el monitoreo, y esto es provisto como un servicio **"Premium"**. De esta forma, el RFTS puede utilizarse para generar rédito.

- **DESCUBRIMIENTO Y AISLAMIENTO DE FALLAS.**

El descubrimiento y aislamiento de fallas representa una de las características más fuertes del RFTS. En el caso o evento de la ocurrencia de una ruptura de cable, el sistema de monitoreo es capaz de detectar el problema físico (la falla), diagnosticar el problema, y luego correlacionar esta información con la correspondiente a la de la documentación del sistema, es decir lo compara con la información del **"Sistema de información geográfica", o (GIS)** para aislar la falla en menos de un minuto.

Esta información luego se **difunde ("broadcast")** a un determinado número de sistemas con los cuales se integra el RFTS (**administrador de alarmas, sistema de etiquetado de problemas, el despacho directo de mensajes de alarmas a través de servicios como "pager" o SMS, etc.**). En muchos casos este tiempo puede reducirse aún más mediante la integración con la administración de la transmisión u otros sistemas de gestión de alarmas. **El resultado neto es el despacho inmediato del personal de restauración de servicio a la ubicación exacta de la avería. Los usuarios de los sistemas de monitoreo de fibra frecuentemente notan una disminución del tiempo de reparación de 4 a 6 horas.**

- **DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS.**

El **mantenimiento pro-activo** y el cuidado de la infraestructura de la red son dos de las mejores maneras de proporcionar a la red una **“performance” o desempeño** pico. Con las redes que se hacen cada vez más grandes y más complejas, los operadores de redes enfrentan la tarea desalentadora del mantenimiento de la red disponiendo de escasos recursos.

Tal como fue diseñado, el RFTS proporciona una caracterización de los segmentos de red de tipo **estampado en el tiempo**. En particular, la traza de OTDR proporciona una medición de la atenuación, reflectancia y discontinuidades a lo largo de la longitud completa del cable de fibras bajo **vigilancia**. Estos datos, desde el primer día de instalación del sistema, proporcionan un **“benchmark” o referencia** a utilizar para evaluar continuamente la calidad de la red.

Mediante la **generación de reportes adecuados sobre el estado de la red**, los operadores pueden identificar y rastrear los potenciales **“hot spots” o puntos calientes**. Esto permite el mejoramiento de la prioridad del trabajo de la flota. En situaciones donde se contratan flotas o grupos de trabajo, los reportes se pueden transferir a la empresa de mantenimiento también. Los reportes del RFTS cumplen con el estándar sobre las técnicas de inspección del OSP. En el caso de cable enterrado, el RFTS proporciona la única indicación de la calidad del cable. **En general, el efecto global del descubrimiento o detección temprana mediante el RFTS será la reducción de los costos operativos a través del mantenimiento pro-activo de la red.**

- **GENERACIÓN DE RÉDITO.**

Considerando el costo de una ruptura de cable, es posible calcular la reducción de costos anuales que los usuarios del RFTS obtienen bajo ciertas asunciones. Para un operador, el costo de una ruptura de cable consiste en considerar los siguientes factores:

- **Pérdida de rédito**, durante el tiempo de paralización de la red.
- **Penalidad o multa** debido a los contratos de servicio con clientes especiales. El operador puede tener un contrato con un cliente afectado que sentencia una determinada penalidad si el **tiempo fuera de servicio** anual excede de un cierto límite de tiempo.
- **Penalidad gubernamental**, en el caso de ocurrencia de **paro de red**. En algunos países, los operadores son castigados por su gobierno respectivo dependiendo de la duración de **pérdida de servicio**.
- **¡Pérdida de la reputación!** Para los “**carriers**” la situación es similar.

- **REDUCCIÓN DE COSTO.**

El costo de la instalación del sistema RFTS puede ser comparado con esta otra alternativa del equipo portátil OTDR, asumiendo que el costo por sitio es alrededor de dos veces al de un OTDR, que el número de sitios o locales del sistema RFTS es aproximadamente el mismo que el número de equipos OTDRs portátiles necesarios para el mantenimiento de una red, y que el equipo de RFTS será reemplazado con una frecuencia menor que la mitad al de un equipo portátil OTDR.

Aplicando los resultados de las asunciones anteriores en un costo anual del RFTS versus el costo anual de la utilización de un equipo similar portátil OTDR, tendremos: Utilizando un acercamiento conservador, se considera que el costo anual

del equipo de una instalación RFTS es el doble que el de una instalación utilizando equipos OTDRs portátiles.

Como un ejemplo, 1,200 kilómetros de cable de fibra óptica puede ser monitoreado con un sistema RFTS que está conformado por 4 **locales o sitios**. Si cada sitio monitorea un total de cuatro fibras inactivas, el costo por sitio es de aproximadamente \$30,000 incluyendo el costo de las computadoras y del software, para sumar un total de \$120,000.

La misma red puede mantenerse utilizando un total de cuatro OTDRs portátiles. Con un aproximado por OTDR (precio de lista) de \$15,000, para efectos de comparación, el costo del equipamiento con OTDRs hace un total de \$60,000.

- **OTROS BENEFICIOS.**

- ✓ El RFTS puede utilizarse como una **herramienta de Ventas y de Marketing (Comercialización)**, en donde el **propietario del RFTS** utiliza el sistema para convencer a sus clientes que **su red es la más confiable que tiene a disposición**.

- ✓ El RFTS puede utilizarse como una **herramienta de construcción**, donde los **cables aún no comisionados se están supervisando desde el momento del desarrollo hasta que se inicia a pasar tráfico por ellos**.

- ✓ El RFTS puede utilizarse como una **herramienta de documentación**, que sostiene la **información topológica y geográfica de la red de planta externa (y de planta interna)**.

- ✓ El RFTS puede utilizarse como una **base de datos o archivo de todos los datos de prueba realizados en los cables de fibra óptica**.

- ✓ El RFTS **permite que los operadores integren la capa óptica dentro de su “Sistema de Soporte o Apoyo Operacional” (OSS)**.

2.1.2 SISTEMA RFTS 2000 TTC.

El RFTS2000 adopta un diseño modular, y puede satisfacer múltiples necesidades de diferentes topologías de redes, tales como: de largo alcance ("long haul"), tipo troncal ("trunk"), tipo árbol, tipo estrella, tipo anillo, etc. Lo más importante de todo es que el sistema RFTS2000 ofrece una variada combinación de módulos para extensas aplicaciones.

- **Características de su Software.**

- ✓ **El Software "Administrador del Enrutamiento de Cables" del RFTS2000 y la interfaz GIS** son las herramientas prácticas de administración para la flota de mantenimiento. También, el usuario puede enlazarse con los sistemas operativos Oracle, Sybase, Informix y SQL a través de ODBC para obtener los datos del sistema

- ✓ **Administración práctica del cableado y localización precisa de la falla.** Después de deducir con precisión la distancia hasta la ubicación de la falla, el sistema ubicará el desperfecto entre dos nodos (tales como las bocas de inspección o "manholes", polos, etc.) y la longitud de fibra residual.

- ✓ **Múltiples métodos de alarma.** El RFTS2000 adopta los protocolos PPP, TCP/IP, y soporta PSTN, PSDN, DDN, SDH (E1/T1). El TSC enviará la alarma por teléfono, pager, fax, e-mail, etc.

- ✓ **Información de consulta.** Mediante el análisis de la degradación de la fibra, evento, tipo de falla y el factor de la falla, ofrece una información útil previniendo el problema de la fibra, para que el administrador pueda anticiparse realizando la prevención y la mejora.

- ✓ **Búsqueda Internet.** El sistema RFTS puede realizar la búsqueda vía Internet. Desde cualquier lugar el usuario puede buscar los datos más recientes a través del navegador ("browser").
- ✓ **Búsqueda en la base de datos histórica.** El sistema RFTS puede ofrecer un registro completo de prueba diariamente y una base de datos histórica para referencia.
- ✓ **Notificación de alarma en tiempo real.** El sistema RFTS2000 ofrece múltiples alarmas en tiempo real y arquitecturas flexibles. El sistema puede notificar con un mensaje de alarma en un tiempo muy corto.
- ✓ **Potentes funciones de prueba de fibra.** El sistema RFTS2000 ofrece dos arquitecturas de prueba y múltiples opciones de prueba. El usuario puede configurar el ciclo de prueba que requiere, puede controlar la totalidad de la prueba y analizar la red de cableado.
- ✓ **Interfaz gráfica.** Además de la interfaz amigable o de fácil uso Windows, el sistema RFTS2000 ofrece un mapeado de cables o GIS; por lo tanto, el usuario puede lograr ubicar en forma precisa la falla y verlo en pantalla.

2.1.3 SISTEMA FMS DE INRANGE.

- ✓ Es un sistema total diseñado para soportar todas las tecnologías ópticas.
- ✓ Protege los delicados cables de fibra óptica que transporta los datos, que es como la sangre vital de la compañía.
- ✓ Asegura y administra el acceso a las áreas de alto riesgo con conexiones ópticas.
- ✓ Es un medio rápido, fácil y preciso para agregar, mover y realizar cambios en las configuraciones de la conexión del "hardware".

Permite una fácil integración de convertidores / extensores ópticos, multiplexores de división de onda (WDM), extensores SCSI, directores y conmutadores del canal de fibra (Fibre Channel), etc.

- ✓ Provee un método automático y exacto para administrar todas las conexiones ópticas.
- ✓ Todos los sistemas FMS son un paquete estándar completo que incluyen la consultoría, la planificación, el diseño, la instalación y el soporte post-venta.

2.1.4 SISTEMA QUESTFIBER DE NETTEST.

QuestFiber es una herramienta que integra la comunicación, la coordinación y la planificación de la red, la ingeniería, las operaciones y el personal de mantenimiento. A través de los dominios, los operadores gestionan el estado de sus redes basándose en la geografía, los equipos de mantenimiento, los servicios y los clientes, en forma simultánea. Por ejemplo, con los Dominios del Cliente, los operadores pueden gestionar mejor los SLAs (Acuerdos del Nivel de Servicio) a través de mediciones en tiempo real del estado y la QoS (Calidad de Servicio) de la red. A través de la utilización de la facilidad del reporte automatizado y de los Dominios, los operadores de la red reciben oportunos reportes dirigidos a ellos y estampados en el tiempo que les indica el estado de su planta de fibra y de su impacto en los clientes y servicios. A través de QuestFiber, Nettek tiene consigo más de diez años de experiencia en el monitoreo de red aplicado al ambiente evolutivo y excitante de las comunicaciones. Influenciado por el éxito de Orion, la solución RFTS líder a nivel mundial, el QuestFiber extiende el estándar del monitoreo del desempeño de la red que ha hecho de Nettek el vendedor principal de sistemas RFTS. Con los RTUs o Unidades Remotas de Prueba, los módulos de prueba con alto rango dinámico, “switches”

ópticos escalables e interfaces OSS (“Sistema de Soporte o Apoyo Operacional”) inigualables, los clientes de QuestFiber están seguros de obtener un despliegue exitoso de su RFTS. Las características del sistema QuestFiber, en resumen, son las siguientes:

- ✓ Administra el dominio de desempeño de la red.
- ✓ Entrega un QoS (Calidad de Servicio) mejorado.
- ✓ Aumenta la eficacia operacional.
- ✓ Una mejor administración de los recursos de OSP (Planta Externa).
- ✓ Reducción de los costos de operación.
- ✓ La integración del OSS es completa.
- ✓ Las relaciones con el cliente se mejoran.
- ✓ Con QuestFiber de Nettek se logra administrar el dominio de la red de fibra óptica basada en el sistema RFTS.

2.2 BENEFICIOS DEL RFTS (FIBERVISOR) DE EXFO.

En síntesis, los beneficios del RFTS son:

2.2.1 MAYOR COMPETITIVIDAD.

La nueva reglamentación de los mercados de telecomunicaciones está aumentando la cantidad y severidad de los contratos de interconexión y nivel del servicio. Esto implica un riesgo más alto de responder a penalidades por fallas en el servicio y un efecto mayor del factor de calidad del servicio sobre el mercado corporativo.

Un sistema como FiberVisor aumenta el factor de calidad al disminuir el tiempo de atención a averías, identificar rápidamente si la falla es física o de equipos de transmisión y facilitar el mantenimiento preventivo.

La Calidad de Servicio en un ambiente competitivo no puede ser comprometida. El sistema FiberVisor le ayudará a mantener su Calidad de Servicio.

2.2.2 PREVISIÓN DE FALLAS.

FiberVisor es capaz de prevenir la ocurrencia de problemas antes de que lleguen a interrumpir el servicio. Este enfoque proactivo del mantenimiento de la red de fibra se impone cada vez más sobre el tradicional enfoque reactivo a causa del aumento en el valor material y estratégico de la planta externa.

2.2.3 MEJOR MANEJO DEL RECURSO HUMANO.

El número de empleados competentes y disponibles para mantener las redes de fibra óptica no crece al mismo ritmo que la red. Un sistema de monitoreo automatizado, como el FiberVisor, es la solución ideal para aumentar su productividad a un bajo costo.

2.2.4 MODERNIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS REDES.

La automatización de las labores repetitivas de mantenimiento es una realidad creciente. El FiberVisor detecta y localiza automática y rápidamente los problemas en su red y orienta a los técnicos hacia el sitio exacto de la falla. Poderosas funciones de control remoto permiten la realización de pruebas completas y maniobras sin necesidad de desplazarse.

Envía mensajes con datos precisos con respecto a la localización de la falla. Se puede hacer incluso un mantenimiento preventivo con el análisis estadístico de su red de fibras. Logra el manejo remoto absoluto sobre el OTDR sin la intervención de ninguna persona en el lugar de prueba.

2.2.5 PROTEGE SU PRESTIGIO.

Los clientes esperan el mejor servicio de su compañía, y el FiberVisor le ayuda a mantener la Calidad de Servicio que usted siempre deseó. El sistema recupera el tiempo y dinero invertido en su demostración e instalación, pues sin lugar a dudas el FiberVisor “se paga solo” con tan solo detectar un corte, porque ahorra tiempo y eso, traducido en dinero, es lo suficiente como para que el sistema se pague solo.

2.3 FUNCIONES Y VENTAJAS DEL FIBERVISOR.

2.3.1 DETECCIÓN Y UBICACIÓN DE FALLAS.

El Fiber Visor monitorea fibras críticas es su red y rápidamente detecta y localiza eventos ópticos, con pocos metros de error, que son generados por degradación, cortes de fibra, etc. (ver figura 29).



FIGURA N° 29: DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ALARMAS

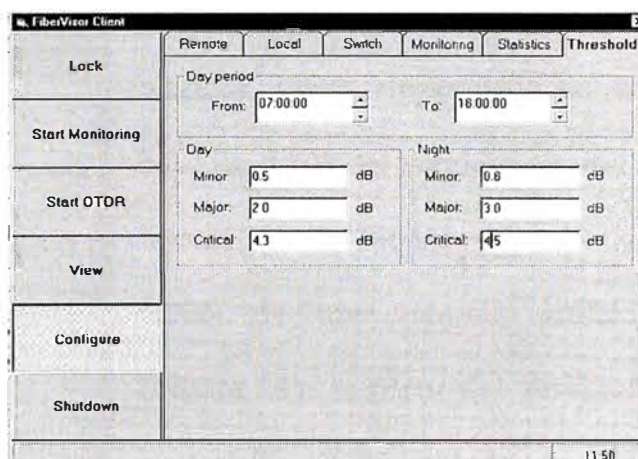


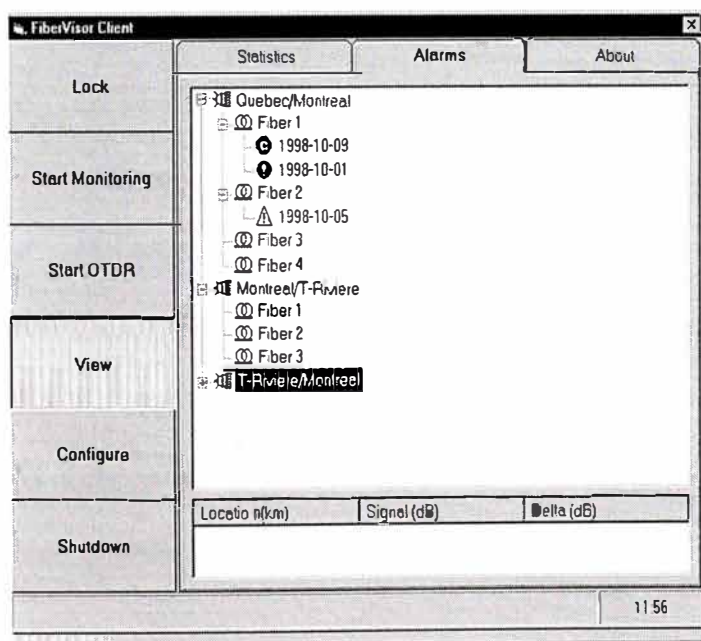
FIGURA N° 30: DEFINICIÓN DE PARAMETROS UMBRALES

La detección se hace comparando la traza OTDR que es adquirida para almacenarla en el sistema como referencia. Si la pérdida es más grande que los límites previamente establecidos en el sistema (ver figura 30), se genera una alarma automáticamente.

Luego, la distancia óptica de la falla es optimizada con la data geográfica, de tal forma que los técnicos saben exactamente donde está localizada la falla, y es allí donde deben ir directamente. Esta característica es extremadamente importante porque sabemos que existe una diferencia significativa entre la distancia óptica y la física y las causas pueden ser: el factor helicoidal de la fibra, rutas no lineares, etc.

2.3.2 TRANSMISIÓN Y RE-ENRUTAMIENTO DE ALARMAS.

El sistema FiberVisor le permite al usuario prevenir anomalías mediante comparación entre la traza de referencia y la traza bajo análisis en todo momento. La



información completa sobre las alarmas queda almacenada en la base de datos del servidor central, la cual es muy fácil de consultar a través de una interfaz gráfica (Figura 31). A partir del servidor central las alarmas pueden ser re-ruteadas hacia otros medios como pagers, e-mails o beepers.

FIGURA N° 31: ALARMAS OBSERVADAS
MEDIANTE LA INTERFAZ GRÁFICA

Con el FiberVisor, se almacena información completa de las alarmas en la base de datos del servidor. Estas alarmas son transmitidas simultáneamente a los “pagers”, direcciones electrónicas, monitores o impresoras a través de protocolos estándares tales como: TAP, SMTP, TCP/IP, etc. El usuario puede especificar la lista de distribución de las alarmas dependiendo de quién debería estar informado y el orden de los mismos, ya que es usualmente necesario advertir a más de un técnico o supervisor cuando se genera una alarma. Los mensajes de alarmas pueden ser configurados por el usuario y frecuentemente contienen la siguiente información:

- ✓ RTU y la Oficina central que genera la alarma.
- ✓ La hora exacta a la que fue generada la alarma.
- ✓ La identificación del cable y de la fibra.
- ✓ Tipo de Alarma.
- ✓ La pérdida en dB del evento.
- ✓ Ubicación de la fibra a reparar.
- ✓ Coordenadas GPS.

NOTA: Estos datos pueden ser perfectamente cambiados a gusto del cliente.

2.3.3 ALTA ESTABILIDAD.

El sistema RFTS puede realizar su autodiagnóstico y auto-recuperación; debido a lo cual el sistema es bastante seguro y estable.

2.3.4 CARTOGRAFÍA (MAPEO) DE LA RED, RTU Y ALARMAS.



FIGURA N° 32: MAPEO DE LA RED DE FIBRAS

Una cantidad significativa de información puede mostrarse gráficamente en la pantalla del monitor mediante la utilización del estado del arte, de los sistemas de información geográfica GIS. (Figuras 33 y 34).

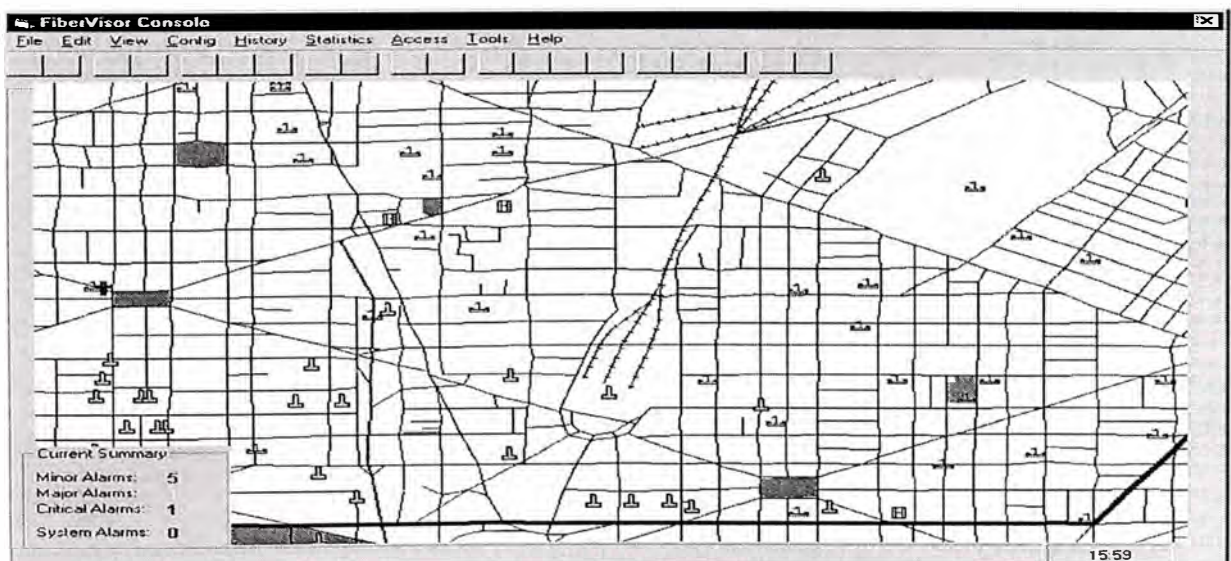


FIGURA N° 33: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Sin duda el Fiber Visor incorpora mapeo de precisión, para administrar la Red de Fibra con mucha más efectividad. Incluye GPS, Mapeo de los RTU, cables, Fibras, Muestra de Alarmas, Estadísticas, etc.

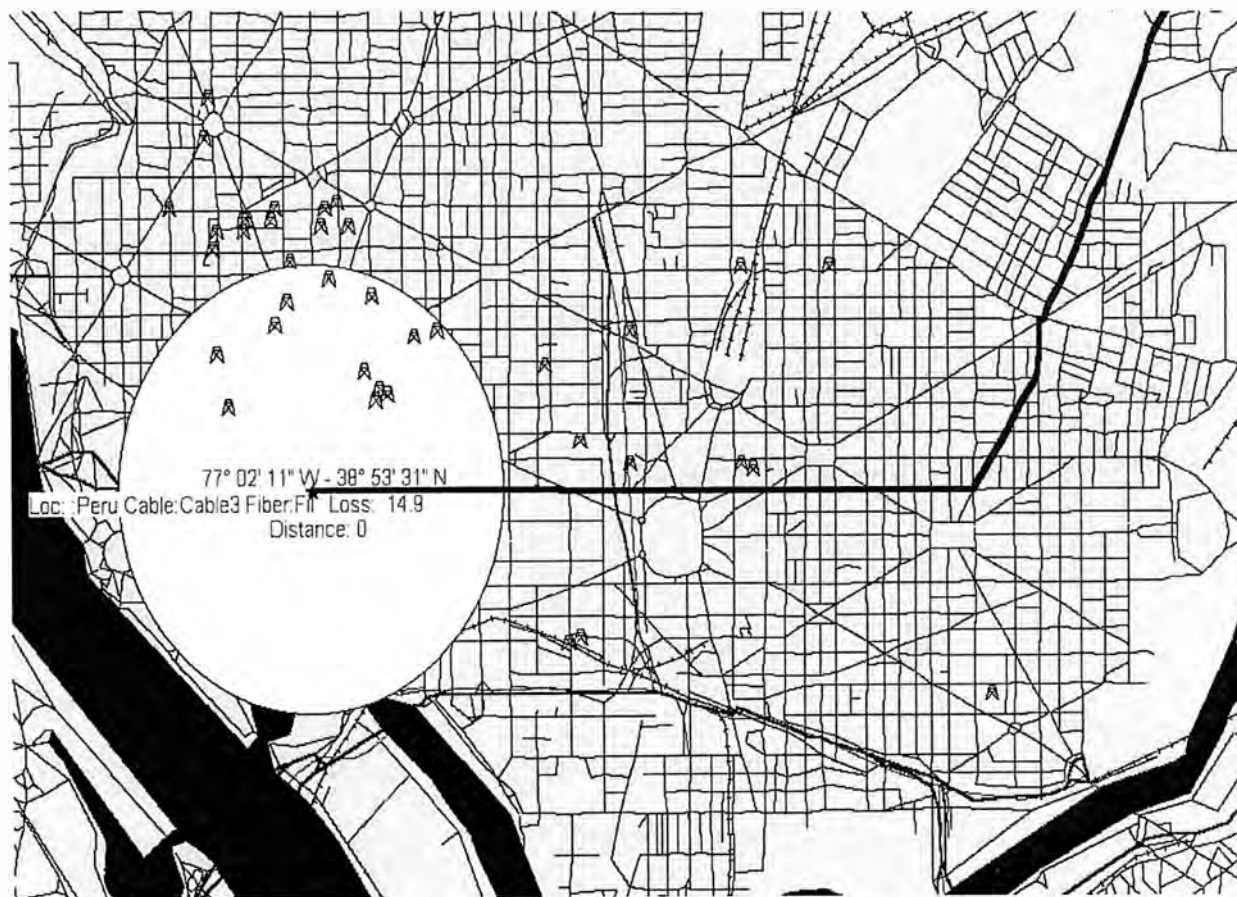


FIGURA N° 34: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ALARMAS

La información siguiente puede ser representada en un mapa:

- ✓ Redes de fibra óptica
- ✓ Estado de las fibras, los RTU, los cables y las rutas
- ✓ Localización de los RTU
- ✓ Alarmas con coordenadas GPS de todos los componentes
- ✓ Severidad de las alarmas
- ✓ Vista panorámica del estado de la red, etc.

2.3.5 LARGO ALCANCE Y COBERTURA.

Con las especificaciones dadas del OTDR, Un RTU puede cubrir y monitorear con precisión fibras con distancias dentro de un radio de 200 millas cuadradas. Es decir, posee un diámetro de monitoreo promedio de 300 kms. Además, desde un solo RTU, al usar un conmutador óptico de hasta 96 puertos y suponiendo un enlaces promedio de 150 kms se pueden monitorear hasta 14400 kms de fibra.

Las fallas de fibra, cortes y degradación son rápidamente detectadas y localizadas sin interrumpir el servicio en las fibras. El FiberVisor es tan bueno como los OTDRs que se utilizan en él.

2.3.6 COMUNICACIONES.

El FiberVisor permite conectar el servidor central y los RTU directamente con su LAN vía TCP/IP en Ethernet (10 Mbps). El sistema puede adaptarse fácilmente a otros tipos de redes de telecomunicación tales como PSTN, X.25, ISDN, HDSL, etc.

2.3.7 PRUEBAS CONTINUAS O PROGRAMADAS.

Con el sistema FiberVisor, las pruebas de las fibras elegidas a intervalos designados por el usuario, así como el monitoreo continuo pueden ser realizados según sean los requerimientos del cliente. (Figura 35).

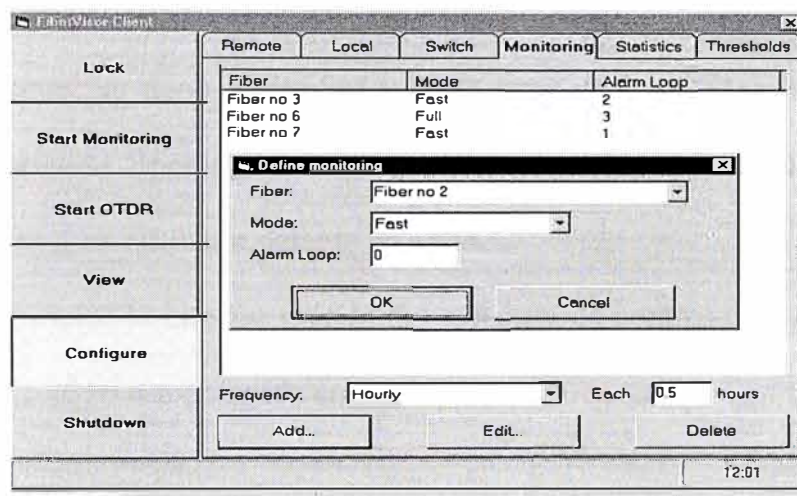
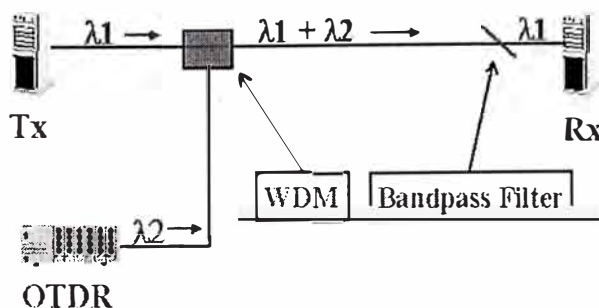


FIGURA N° 35: CONFIGURACIÓN PARA EL MONITOREO

2.3.8 PRUEBAS NO INTRUSIVAS DE FIBRA VIVA (ACTIVA).

Las fibras activas (en servicio) pueden ser monitoreadas por el sistema, gracias a la



configuración típica.

FIGURA N° 36: PRUEBA EN FIBRAS ACTIVAS

técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) y se pueden almacenar en una base de datos los archivos de la configuración de prueba para utilizarlos en el futuro. Existen varias posibilidades de configuración; la Figura 36 ilustra una

El multiplexador por división de la longitud de onda se utiliza para multiplexar la señal de prueba del OTDR dentro de la fibra activa. En el otro extremo de la fibra, un filtro pasabanda se utiliza para bloquear la señal de prueba antes de que llegue al receptor de tal forma que el BER de la señal no es afectado. Este método permite que se prueben al 100% todas las fibras incluyendo las críticas.

2.3.9 CONTROL REMOTO COMPLETO.

Con el FiberVisor, se tiene el control remoto total de los RTUs (teclado, ratón y pantalla), pudiéndose operar y configurar estas unidades, cualquiera que fuese su ubicación, como si se estuviera delante de ellas.

La Figura 37 presenta la interfaz gráfica del software de control del OTDR y muestra la traza OTDR a 1310 nm obtenida en un RTU.

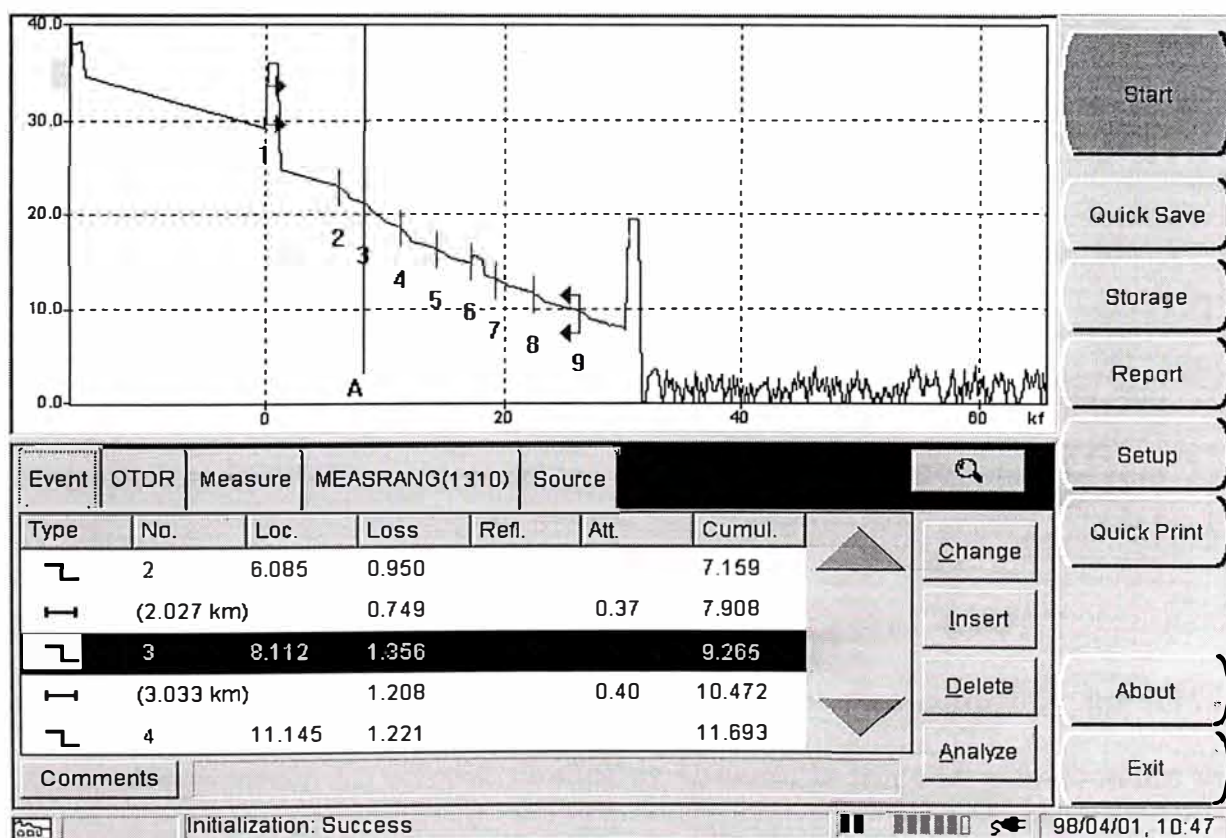


FIGURA N° 37:CONTROL REMOTO COMPLETO

Esto es muy útil para realizar pruebas en demanda, las pruebas rápidas, para configurar RTUs, operar OTDRs, etc.

2.3.10 MODULARIDAD Y FUNCIONES COMPLETAS.

El RFTS Fiber Visor de EXFO posee un diseño integral de alta densidad, módulos de potencia de alta calidad y un computador industrial incorporado.

El concepto modular del FiberVisor facilita la integración de nuevas funciones y opciones a medida que la red crece. Más de 30 módulos ópticos diferentes pueden ser instalados en las unidades remotas. Los elementos principales del sistema son los reflectómetros y conmutadores ópticos; sin embargo, el FiberVisor es capaz de alojar, fuentes de luz, medidores de potencia, y hasta equipos de medición sobre sistemas DWDM.

El Diseño Modular del Sistema sigue creciendo a medida que la red de fibras lo hace también. La implementación de nuevas funciones y características son relativamente fáciles de lograr. Los módulos adicionales tales como los Medidores de Múltiples longitudes de Onda, los analizadores de espectro óptico, los analizadores de dispersión por modo de polarización, medidores de potencia, etc. pueden ser insertados en el RTU y ser operados desde la función de control remoto del FiberVisor.

2.3.11 INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO (GUI) EN EL RTU.

Con el FiberVisor no se requiere de equipo adicional para configurar los RTUs (Equipo de Pruebas). La Interfaz Gráfica de Usuario, la pantalla, y los botones de control están en el mismo equipo. Lo único que se necesita para operar el RTU es el “password” o contraseña.

2.3.12 UNA RTU INTELIGENTE Y EVOLUTIVA.

La unidad remota de FiberVisor es totalmente independiente del servidor y está lista para ser operada remota o localmente en cualquier momento. Cada RTU incluye una interfaz gráfica integrada. La unidad remota continúa monitoreando aunque la comunicación con el servidor se pierda en cuyo caso envía la alarma a medios alternativos asegurando así el reporte de la misma bajo condiciones adversas de operación.

2.3.13 FÁCIL PARA EL MANTENIMIENTO.

El sistema RFTS ofrece la función de actualización del software remoto. Por consiguiente, el operador no requiere realizar la actualización en el campo (en el propio lugar o sitio donde está instalado el RTU) y el costo de horas hombre requerido se puede ahorrar. Además, el diseño modular del hardware hace que el mantenimiento sea muy sencillo.

2.3.14 ESTADÍSTICAS POR FIBRA Y POR CABLE PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El FiberVisor genera estadísticas completas por fibra y por cable para realizar un mantenimiento preventivo.

Esto permite advertir problemas de fibra antes de que afecten la calidad del servicio.

(Ver la figura 38).

Statistics X

From: 7/8/99 Port: 1771

To: 7/8/99

Event	Loss Total	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Distance (m)		5966	6964	7719	11003	12717	13253	13743	15602	17751	190
Type Event		↘	↗	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↗
1999/07/08	10.35	0.047	-0.069	0.043	0.119	-0.017	0.175	0.000	0.054	0.037	0.0
1999/07/08	10.255	0.048	-0.069	0.045	0.119	-0.017	0.174	0.000	0.052	0.038	0.0
1999/07/08	10.36	0.049	-0.068	0.043	0.119	-0.019	0.173	0.000	0.054	0.038	0.0
1999/07/08	10.231	0.048	-0.069	0.043	0.120	-0.016	0.173	0.000	0.054	0.035	0.0
1999/07/08	10.331	0.050	-0.068	0.043	0.118	-0.015	0.177	0.000	0.052	0.037	0.0
1999/07/08	10.489	0.049	-0.067	0.043	0.118	-0.015	0.175	0.000	0.055	0.039	0.0
1999/07/08	10.163	0.042	-0.073	0.029	0.114	-0.014	0.174	0.000	0.038	0.000	0.0
1999/07/08	10.293	0.040	-0.071	0.040	0.112	-0.017	0.171	0.032	0.064	0.019	0.0
1999/07/08	10.31	0.039	-0.074	0.039	0.113	-0.019	0.172	0.034	0.061	0.110	0.0
1999/07/08	10.272	0.024	-0.059	0.041	0.112	-0.022	0.170	0.032	0.065	0.017	0.1
Mn	10.163	0.024	-0.074	0.029	0.112	-0.022	0.170	0.000	0.000	0.000	0.049
Avg	10.330	0.044	-0.070	0.039	0.116	-0.017	0.174	0.013	0.046	0.044	0.070
Max	10.669	0.050	-0.059	0.045	0.120	-0.012	0.177	0.044	0.065	0.110	0.157

FIGURA N° 38: ESTADÍSTICAS POR CABLE Y POR FIBRA

2.3.15 REFLECTÓMETROS (OTDR).

La reputación de EXFO fue construida en base a su dedicación por la implementación de equipos de medición con alto grado de precisión. El OTDR incluido en FiberVisor utiliza la mejor tecnología para proveer un desempeño óptimo (una muy buena performance). El OTDR EXFO es reconocido entre los mejores del mercado, por los siguientes argumentos:

- ✓ Longitudes de onda de prueba: 850, 1300, 1410, 1310, 1550 y 1625 nm.
- ✓ Rangos dinámicos: 28, 33, 35, 38, 40, 42 y 45 Db.
- ✓ Resolución de los puntos de datos: 8 cm.
- ✓ Zona muerta por evento: 3 m.
- ✓ 1 m de aproximación en distancia.

2.4 COMPOSICIÓN.

2.4.1 COMPOSICIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FIBRAS (FIBERVISOR) DE EXFO

Un poderoso software orquesta la correcta medición rutinaria logrando de esta forma automatizar la mayoría de las operaciones y liberando al usuario de dichas tareas repetitivas.

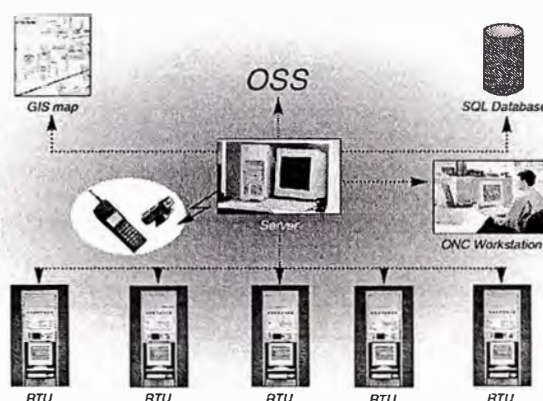


FIGURA N° 39: DIAGRAMA SIMPLIFICADO. DE LA ARQUITECTURA TÍPICA DEL SISTEMA FIBERVISOR

La tecnología RFTS se está convirtiendo en un estándar para la mayoría de operadores bajo las exigencias de calidad típicas de un ambiente competitivo.

2.4.2 COMPOSICIÓN DEL SISTEMA FMS DE INRANGE

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

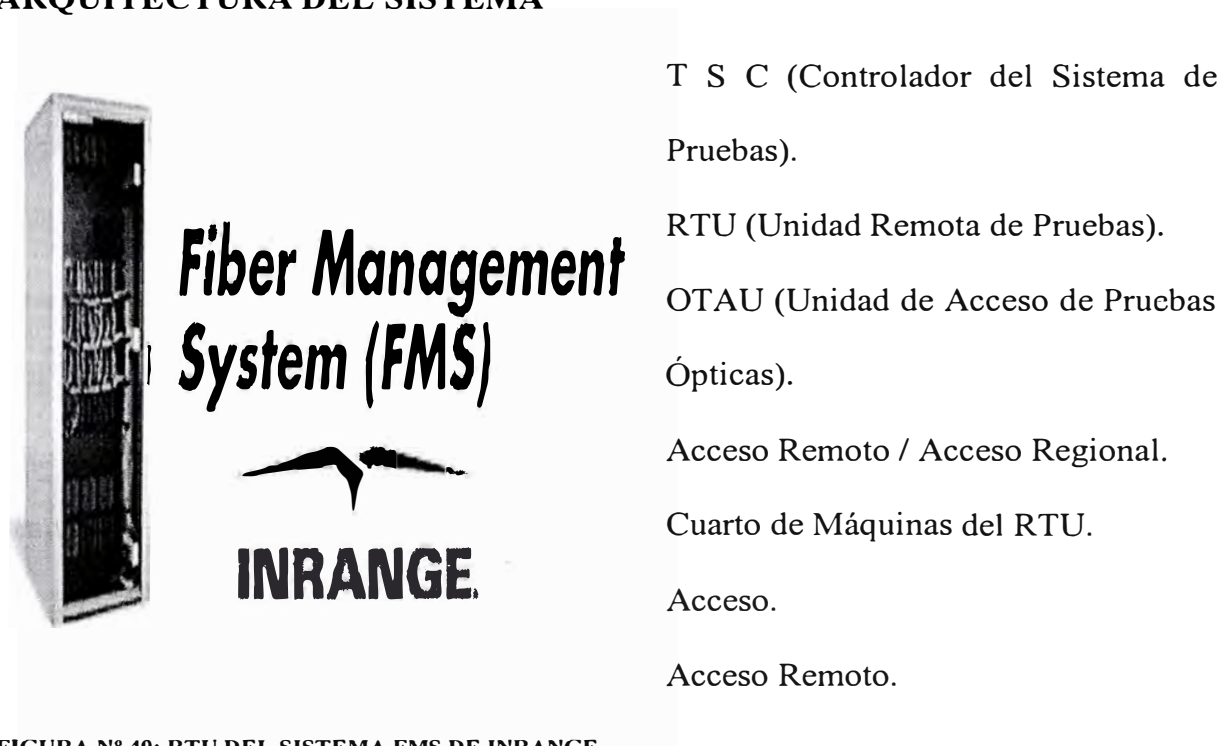


FIGURA N° 40: RTU DEL SISTEMA FMS DE INRANGE

CARACTERÍSTICAS

✓ GRAN ESCALABILIDAD

Un RTU puede monitorear 126 núcleos, y puede expandirse hasta un máximo de 600 núcleos. El usuario puede cambiar también la combinación de módulos para expandir o cambiar el sistema. La alta escalabilidad ayuda a reducir el costo del sistema. Los sistemas disponibles son:

RTU y Mini RTU.

OSW FCM OTDR.

Medidor de Potencia Óptica.

Módulo Colector de Alarmas.

Conmutador Óptico Automático.

Sistema Monitor de DWDM.

etc.

Además de la aplicación individual, los sistemas antes mencionados pueden combinarse según se requieran.

OTDR + OSW es útil para **pruebas fuera de línea**. Si se le agrega FCM también puede utilizarse en **pruebas en línea**.

Los módulos OPM / ACM realizan la función de monitoreo en tiempo real.

La combinación con el sistema OPM o OAS satisfacen la necesidad de realizar **respaldo**.

Con la adición de un módulo especial de filtro se puede monitorear sistemas DWDM.

Los componentes principales del sistema FMS son: los cables de fibra óptica, los "Patch Panels", los gabinetes de seguridad, la protección del Sistema de Transporte, el OptiManager opcional, y el Juego de Fibras Ópticas para Pruebas.

✓ **CABLES DE FIBRA ÓPTICA.** INRANGE proporciona un amplio y completo rango de cables de fibra óptica para troncales y "jumpers", para elevación o plenum, monomodo o multimodo, y más de 40 combinaciones de conectores con cables diferentes para ESCON, FDDI, ATM, Fibre Channel, FICON, Gigabit-Ethernet, y otros. También se dispone de cables especiales y pueden prepararse en fábrica para que se pueda satisfacer las especificaciones que requiera el cliente.

PATCH PANELS. INRANGE ofrece un completo rango de “patch panels” con factor de forma estándar y pequeño con el sistema FMS. Estos “patch panels” están disponibles tanto para configuraciones inteligentes así como no inteligentes.

✓ **GABINETES.** Están disponibles para utilizarse en un espacio de 35" y 72" de altura, 19" o 24" de ancho, Puede instalarse hasta 936 puertos de patch en un gabinete de 72". Es fácil expandir el gabinete y es casi ilimitado. Los paneles laterales del gabinete se pueden remover para tener conectividad entre gabinetes contiguos por debajo del piso. Las puertas de tipo “Plexiglass” facilitan la identificación visual de las luces en los “patch ports” y se cierran con llave para impedir el acceso de personas no autorizadas. Los gabinetes FMS están diseñados para integrarse con otros productos de INRANGE y conformar un juego de soluciones complementarias para satisfacer las demandas de las redes actuales de IT (tecnología de la información).

✓ **SISTEMA DE TRANSPORTE.** Con más de 100 diferentes componentes disponibles, los componentes de transporte FMS pueden resolver hasta las más difíciles configuraciones debajo del piso. Para facilitar la instalación de cables ópticos, debe establecerse un plan de enrutamiento. Esto será útil para enrutar adecuadamente el cableado por sobre y debajo del piso y rodeando los obstáculos.

Sin la protección del cableado, los cables delicados de fibra óptica corren el alto riesgo de dañarse debido, entre otras causas, a un excesivo radio de curvatura, daños por la caída desde las baldosas sobre el piso y rompimiento de fibras ocasionadas accidentalmente a pisar el cable durante la instalación debajo del piso. FMS proporciona tanto los conductos cubiertos como los descubiertos para satisfacer los

requerimientos estándares, o también puede preparar el tipo de conductos que se requiera según sea el diseño especial del cliente. FMS también proporciona el exclusivo Sistema de Administración de Fibra de Respaldo (Rollo de respaldo de fibra instalada). El cable en exceso se guarda debajo del piso en un “tubo” protegido que es fácilmente accesible para ser utilizado en el futuro. Una bandeja “Super Slack” (Súper Respaldo) le brinda a su instalación una protección continua por el frente y/o por detrás de los gabinetes. Esto facilita el acceso de todos los cables que corren entre los gabinetes.

✓ **OPTIMANAGER.** El sistema FMS inteligente proporciona el software OptiManager – basado en PC que facilita la administración de la infraestructura de fibra óptica desde la central de gestión del sistema utilizando la base de datos de su conexión. El OptiManager monitorea todas fibras inteligentes conectadas al patch. Esto proporciona los procedimientos de seguridad, la creación de un trabajo ordenado, y la facilidad de elaborar reportes y realizar la auditoria del estado de las conexiones. Con el uso del software OptiManager, los cables inteligentes de fibra óptica y demás componentes de conexionado, puede reducirse en forma significativa el riesgo de conexiones incorrectas durante los períodos más críticos mediante la operación desde el “centro de data” para reconfigurar o realizar cambios de conexiones en forma planificada o no planificada.

✓ **ADMINISTRACIÓN DEL LOCAL REMOTO.** Todas las capacidades de administración de la conexión del software OptiManager son aplicables tanto a las operaciones desde el lado central como desde el lado remoto. En la operación desde el lado remoto, puede no disponerse de personal experimentado durante una

situación imprevista. En casos como estos se puede administrar el local remoto desde la central de monitoreo.

2.4.3 COMPOSICIÓN DEL SISTEMA QUESTFIBER DE NETTEST

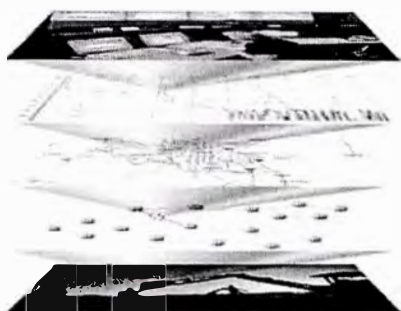


FIGURA N° 41: RFTS (QUESTFIBER) DE NETTEST

ESPECIFICACIONES.

Especificaciones del "Remote Test Unit" (RTU)	
Montaje en Racks	19-23"
Montaje en Racks	AC (110 or 220V) y DC (-40 a -72V)
Potencia	AC (110 or 220V) y DC (-40 a -72V)
Módulo de Acceso Local	Utiliza OTDR tipo "Standalone"
Comunicaciones	Ethernet, Modem, ISDN, X.25

Especificaciones del módulo OTDR	
Longitudes de onda de prueba	1310nm, 1550nm y 1625nm
Rango Dinámico	30-42dB
Factor de Forma	6U, Ranura Dual
Especificaciones del Módulo de Potencia Óptica	
Longitudes de onda de monitoreo	1310nm, 1550nm y 1625nm
Cantidad de Puertos Disponibles	4, 8, 12 y 16
Factor de Forma	6U, Ranura Simple
Especificaciones del Módulo de Switch Óptico	
Cantidad de Puertos Disponibles	4, 8, 12, 16 y 24
Tipos de Conectores Ópticos	SC, FC, LC y LX5
Factor de Forma	6U, Ranura Triple
Especificaciones del Switch Óptico Externo	
Cantidad de Puertos Disponibles	4, 8, 12, 16, 24, 36, 48, 72 y 96
Tipos de Conectores Ópticos	SC, FC, LC y LX5

TABLA N° 2: ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS DEL RFTS (QUESTFIBER) DE NETTEST

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FIBRA ÓPTICA

3.1 DESARROLLO

El elemento clave para la inmediata solución de una falla o defecto es fundamentalmente la identificación del problema. En el instante en que ocurre una ruptura o degradación de los parámetros normales de una fibra óptica, es deseable que se identifique y se advierta la ocurrencia del defecto mediante la transmisión de alarmas al personal adecuado para su atención y, en lo posible, se le indique con precisión la localización de dicha falla.

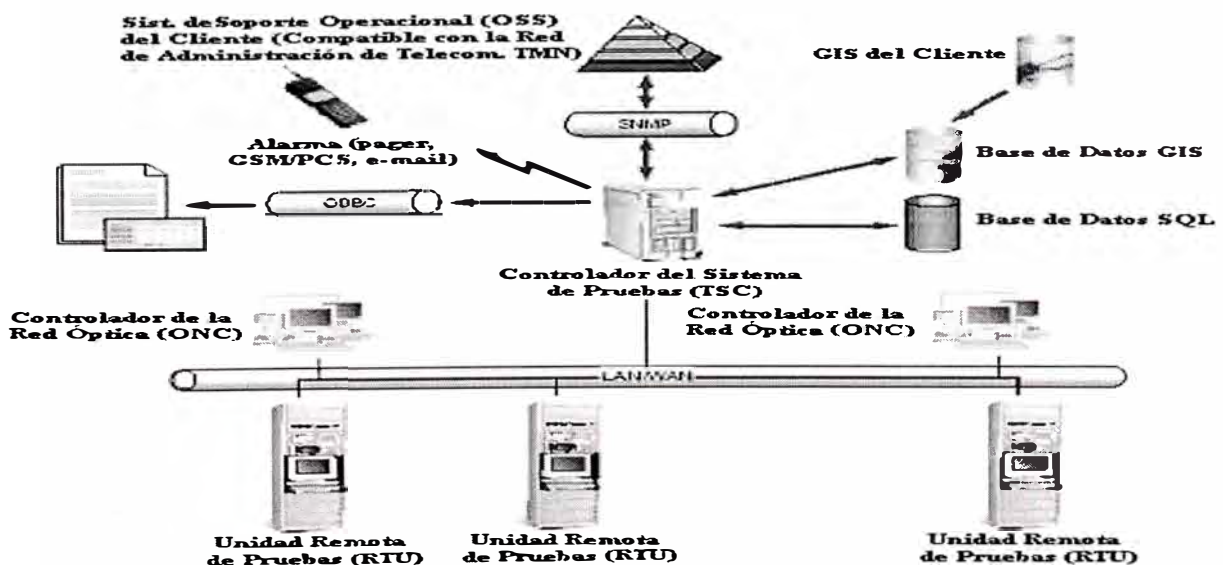


FIGURA N° 42: ESQUEMA DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FIBRAS ÓPTICAS (RFTS).

El Sistema RFTS es precisamente un Sistema de Supervisión de Fibras Ópticas que diagnostica las 24 horas del día, todos los días, sin interrupción e identifica la ubicación de la falla en un lapso adecuado de tiempo menor a un minuto. Esto elimina el tiempo que se necesitaría para investigar la causa del problema y luego determinarse a buscar el área de ocurrencia.

El sistema RFTS FiberVisor es un sistema integral con funciones y aplicaciones que se adecuan a nuestro medio, es decir, se cuenta ya con las facultades para desarrollar un buen sistema de monitoreo constante sobre Redes de Fibras Ópticas a nivel nacional.

Previo a la implementación de un sistema RFTS como el del FiberVisor se necesita que se cumplan con algunas condiciones, las cuales deben ser preparadas y realizadas por personas con un buen nivel de experiencia en estos trabajos de acondicionamiento. Con las recomendaciones dadas por EXFO, el proveedor del sistema RFTS FiberVisor, y con la responsabilidad de la dirección para la implementación del proyecto que inicié desde la fase de pre-venta hasta la implementación y posteriormente el mantenimiento, he desarrollado los siguientes trabajos:

- ✓ He tenido la responsabilidad técnica en las presentaciones, demostraciones, respuesta a las consultas, elaboración de los informes, etc.
- ✓ La prueba de un sistema piloto en la empresa proveedora del servicio telefónico.
- ✓ Las coordinaciones con la empresa en la cual he trabajado como responsable del sistema para la empresa proveedora del servicio telefónico y con el proveedor del Sistema RFTS EXFO.

- ✓ Las inspecciones de locales donde se instalaron los equipos del sistema, el apoyo a la empresa proveedora del servicio telefónico para el acondicionamiento de dichos locales a fin de realizar la instalación de los equipos y su funcionamiento en condiciones óptimas.
- ✓ La instalación de los equipos del sistema conjuntamente con nuestro proveedor EXFO.
- ✓ El mantenimiento preventivo y correctivo del sistema.
- ✓ Las actualizaciones, etc.

Como mencioné previamente, EXFO nos ayudó en la conducción desde el exterior, guiándonos para la realización del proyecto siguiendo los siguientes pasos:

- ✓ Ingeniería de aplicación.
- ✓ Aprovisionamiento de los componentes del sistema.
- ✓ Instalación y configuración del sistema.
- ✓ Definición y configuración de la data geomática.
- ✓ Implementación final del sistema.
- ✓ Transferencia del sistema al cliente y el soporte post-venta.

3.1.1 INGENIERÍA DE APLICACIÓN

Este paso es usualmente corto (dura de 1 a dos semanas). El propósito de este paso es el determinar las especificaciones exactas de la cantidad de elementos necesarios para implementar la aplicación del sistema de monitoreo de fibras. Por lo tanto es esencial el realizar un listado de todos los componentes que se requieren. La información a capturar es principalmente la siguiente:

- ✓ Topología de la red (para optimizar la cantidad de RTUs en función de la distancia).
- ✓ El tipo de monitoreo que se requiere (fibra oscura o activa), longitud de onda, la relación o tasa de fibra a RTU, etc.
- ✓ Medio de comunicación que se dispondrá para desarrollar la aplicación del sistema: RTUs, etc. (Ethernet, PSTN, X.25, etc.).
- ✓ Energía eléctrica a disponer (220 V AC, -48 V DC, etc.).
- ✓ Cantidad de ONCs o de estaciones de supervisión que se van a necesitar.
- ✓ Medios de comunicación disponibles para conectar las estaciones.

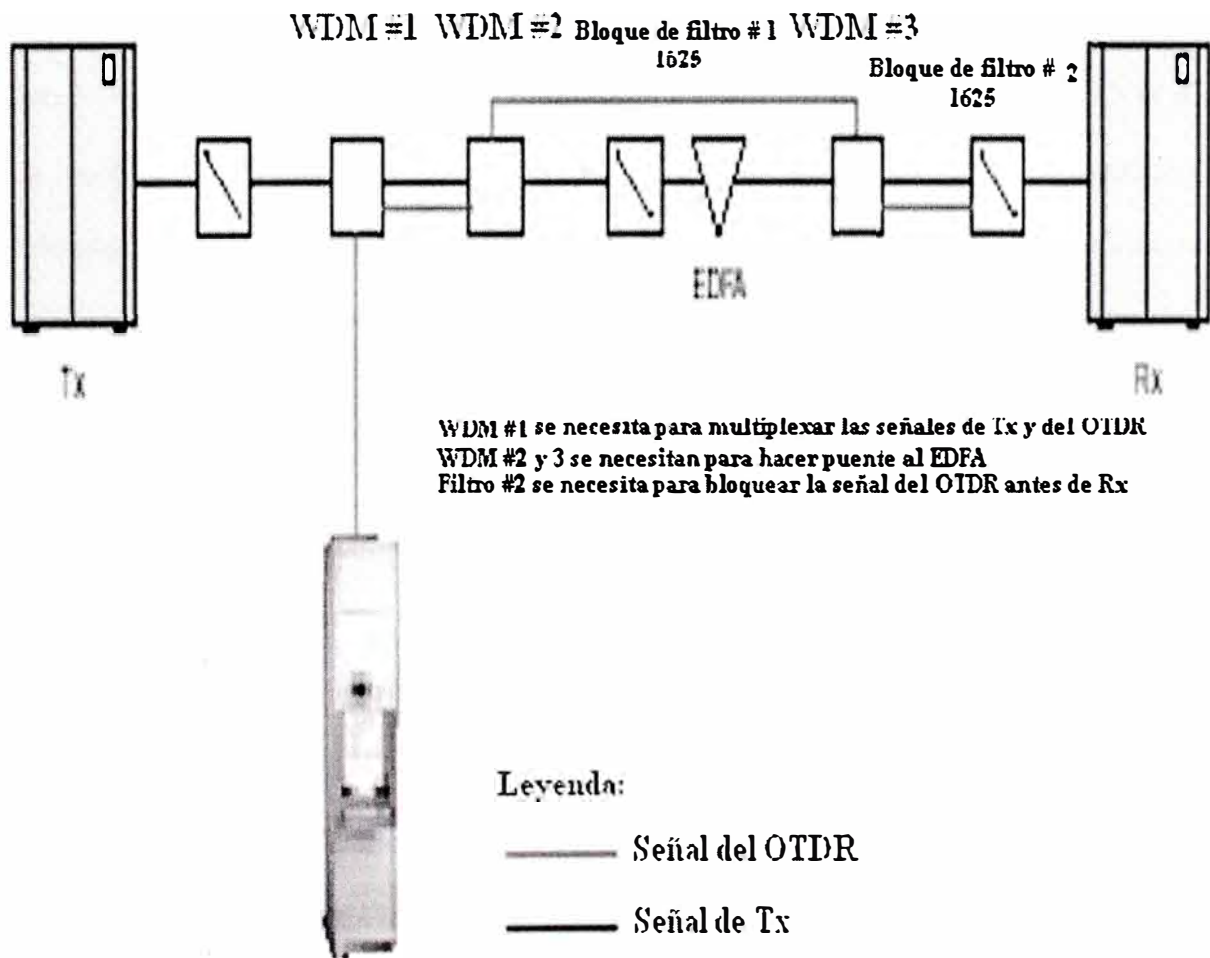


FIGURA ° 43: SUPERVISIÓN DE FIBRAS ÓPTICAS OSCURA Y VIVA

- El sistema de supervisión de fibras ópticas de EXFO denominado FiberVisor puede supervisar tanto la fibra oscura como la fibra viva.
- Mientras que la prueba de la fibra oscura detecta alrededor del 90% de las fallas, la prueba de la fibra viva proporciona una completa supervisión de todo tipo de falla.
- Si la red no tiene ninguna fibra oscura para monitorear los canales, el sistema FiberVisor trabaja en una longitud de onda no utilizada para la transmisión dentro de la fibra activa (viva).
- Esto proporciona el beneficio adicional de la supervisión estratégica de todas las fibras críticas.

3.1.2 APROVISIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

La configuración del sistema puede empezar cuando se cumpla con reunirse la información requerida en el paso previo y luego de que todos los componentes requeridos estén disponibles. Además de los componentes que fabrica y provee EXFO (principalmente los RTUs), el sistema está conformado por varios componentes de otros fabricantes (el servidor, los ONCs, las estaciones de supervisión, los acopladores ópticos, las interfaces de comunicación, etc.). Por motivos de retraso en el embarque de los componentes procedentes de los otros fabricantes, este aprovisionamiento puede extenderse unas doce semanas, esto es, retraso total en el embarque para el cumplimiento de la entrega del equipamiento del sistema según las especificaciones predeterminadas. En promedio, este paso dura de ocho a doce semanas posteriores a la recepción de la orden de compra.

3.1.3 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

Los pasos para configurar el FiberVisor son los siguientes:

- ✓ Instalación de los elementos del hardware (servidor, ONCs y estaciones de supervisión, y RTUs).

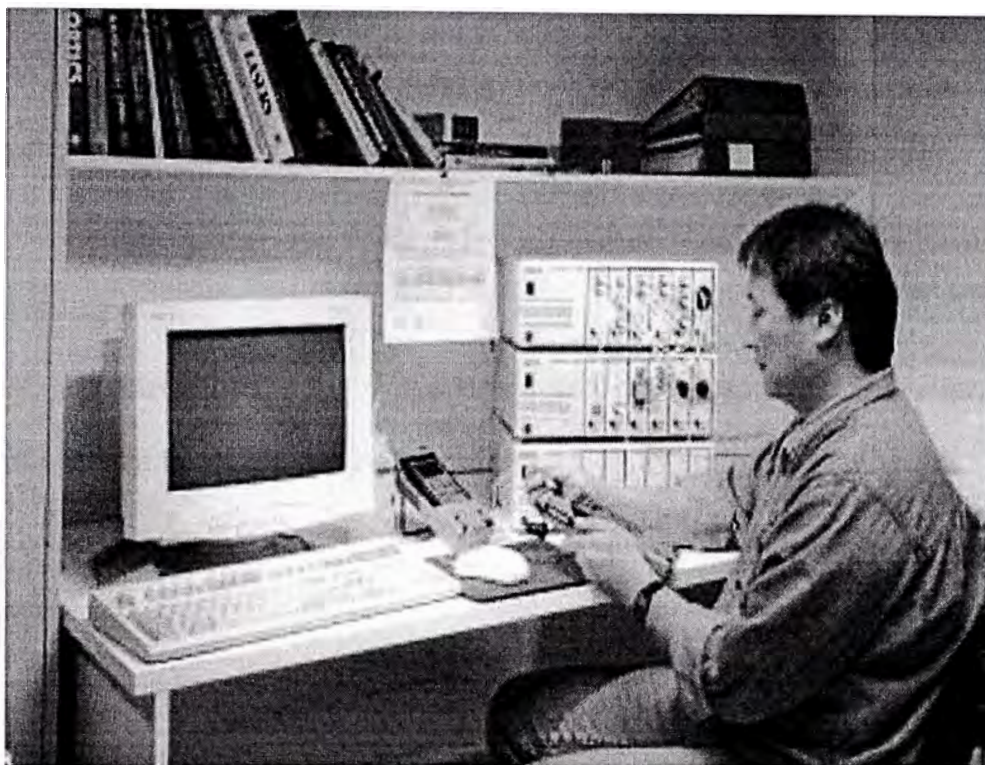


FIGURA N° 44: INTEGRACIÓN DEL SISTEMA ÓPTICO DE PRUEBAS IQ 200.

- ✓ Conexión de todos los enlaces físicos que se requiere (fibras, energía, comunicaciones) cumpliendo los procedimientos correspondientes según los requerimientos específicos de la aplicación.
- ✓ Configuración de los diversos elementos operacionales requeridos según la aplicación específica.

3.1.4 DEFINICIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA DATA GEOMÁTICA

El sistema FiberVisor requiere el establecimiento de la base de dato geomática. Varios parámetros pueden cambiar en un contexto dado, y la lista que se proporciona a continuación indica las acciones que involucran:

- ✓ Descripción de los datos cartográficos necesarios.
- ✓ Inventario de los datos cartográficos que se tienen a disposición.
- ✓ Digitación de los datos referenciales.
- ✓ Integración de los datos referenciales (camino, bocas de inspección, líneas de contorno, etc.).
- ✓ Adquisición de los datos de la red de fibra óptica (utilizando un GPS y la digitación de los planes de ingeniería).
- ✓ Conversión e integración de los datos de la red de fibra óptica.
- ✓ Segmentación de los cables.
- ✓ Integración de los datos descriptivos.
- ✓ Enlaces con los datos descriptivos.

NOTA: La escala cartográfica utilizada para la adquisición de los datos es un factor que influye en la precisión del posicionamiento del evento que ocurre en la fibra óptica. Una vez que se establece la escala cartográfica, no será posible lograr minimizar una imprecisión posteriormente. Cuanto mayor sea la escala cartográfica, será menor la influencia de este factor sobre el posicionamiento; pero los costos de la adquisición de los datos generalmente no aumentarán con el tiempo. La determinación de la escala cartográfica debe de tomar en cuenta la escala utilizada en los planes de ingeniería (si los planes están disponibles) y el tamaño del territorio.

La utilización del GPS puede también refinar la precisión de la información geomática relativa a la red de fibra óptica. Las inspecciones del GPS pueden ser realizadas esporádicamente y se mejora la información del posicionamiento proveída por EXFO.

3.1.5 IMPLEMENTACIÓN FINAL DEL SISTEMA

Una vez que se completan los trabajos precedentes, se implementa el sistema como un producto final. En la implementación se involucra la verificación del sistema completo y el aseguramiento de que todo funciona adecuadamente. Esta operación se realiza con un especialista de EXFO. El retraso relativo a la implementación final del sistema depende del tamaño de la red monitoreada. Para este trabajo final se reserva unos días anticipadamente con el fin de visitar cada uno de los sitios donde se encuentra un RTU.

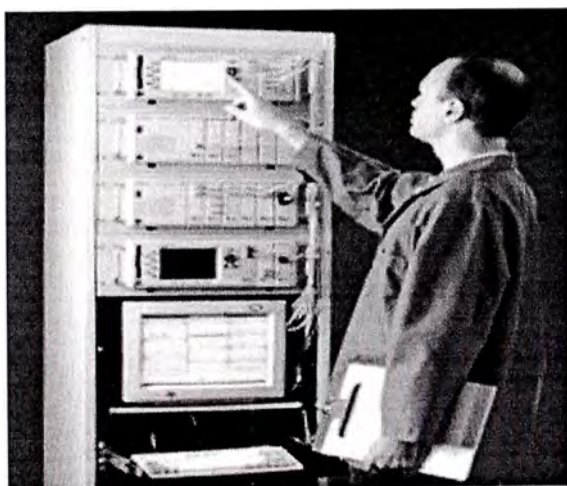


FIGURA N° 45: UNIDAD REMOTA DE PRUEBAS (RTU).

3.1.6 TRANSFERENCIA AL CLIENTE Y SOPORTE POST-VENTA

Una vez que el sistema ha pasado todas las pruebas y ensayos de aceptación y que se encuentra ya trabajando en condiciones óptimas, el control del sistema se transfiere al cliente.

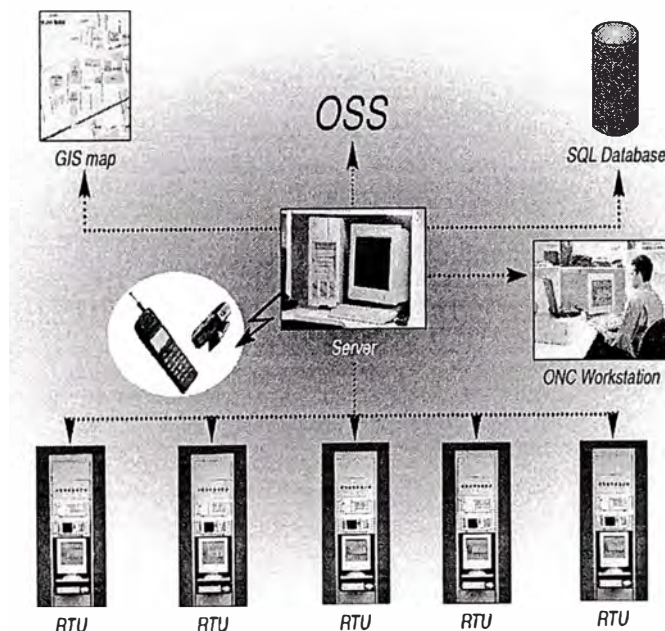
La sesión de entrenamiento al cliente de un día puede realizarse en la fecha de transferencia del sistema y con el fin de que se familiaricen en la operación completa del sistema se recomienda preparar unas seis personas de parte del cliente. Luego de

la fecha de transferencia, EXFO puede seguir proporcionando servicios de soporte al usuario personalizados, con costo.

3.2 EL RANGO DE SERVICIOS QUE OFRECE EXFO Incluye lo siguiente:

- ✓ Extensión de la garantía.
- ✓ Capacitación.
- ✓ Soporte de Ingeniería de Aplicación para adaptaciones posteriores del sistema a los cambios futuros de la red.
- ✓ Programa de actualizaciones de software.
- ✓ Programa de disponibilidad de unidades y partes de respaldo.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN RFTS (FIBER VISOR) DE EXFO



El FiberVisor es el corazón de la solución de EXFO a la interrogante del RFTS. Una de las principales ventajas del FiberVisor es su diseño modular que puede crecer conforme se expande la red de fibras del cliente.

FIGURA N° 46: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE LA ARQUITECTURA TÍPICA DE UN SISTEMA RFTS

La aproximación modular le permite al cliente agregar módulos de prueba conforme se desarrollan sus necesidades y presupuesto, eliminando virtualmente sus preocupaciones sobre equipos de prueba obsoletos.

El FiberVisor puede monitorear fibras ópticas dentro del radio de las 200 millas y tiene incorporados una interfaz gráfica de usuario (GUI), una pantalla, y botones que permiten que el cliente pueda configurar sus RTUs. Un sistema de información geográfica (GIS) del estado del arte proporciona al FiberVisor una información precisa de mapeo de la red de fibras. Son rasgos característicos los siguientes: el acceso al GPS, el mapeo de los RTUs, cables, fibras, imágenes de alarmas y estadísticas. El FiberVisor también proporciona un control remoto total de los RTUs para realizar pruebas en demanda.

3.3.1 DIAGRAMA DEL SISTEMA FIBERVISOR

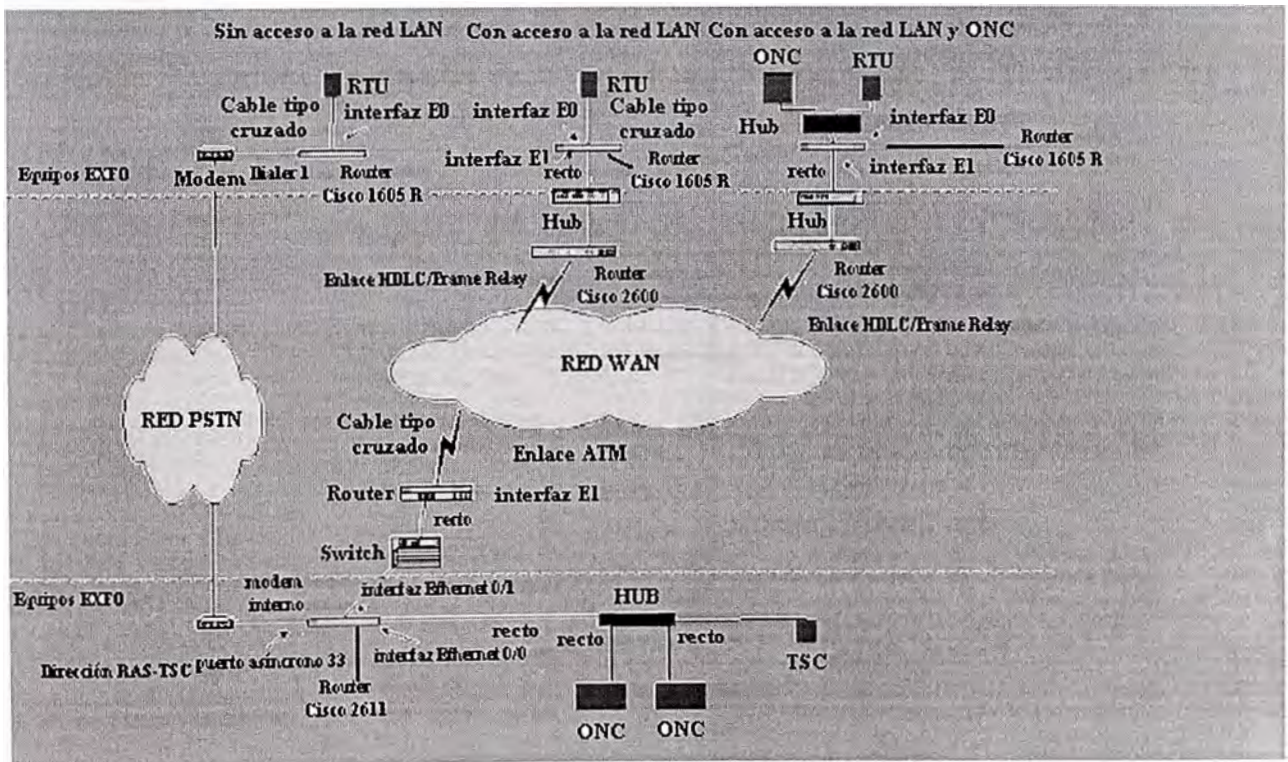


FIGURA N° 47: DIAGRAMA DEL SISTEMA FIBERVISOR.

El diagrama de la Figura N° 47 ilustra la arquitectura del sistema. Allí se observa que la mitad de los RTUs se conectan a través de interfaces que permiten la conectividad a la red telefónica conmutada RTC (o PSTN en el término inglés) para dar un ejemplo de la adaptabilidad de la conexión. La otra mitad se conecta a través de la red LAN con el protocolo TCP/IP sobre Ethernet, permitiendo una fácil adaptación a la mayor cantidad de variantes. De hecho, la conectividad a través de X.25, ISDN, etc., puede realizarse mediante la simple adición de cajas interfaces disponibles en el mercado.

3.3.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA FIBERVISOR

El RFTS FiberVisor, que está construido sobre una arquitectura de tipo cliente/servidor, consta de los siguientes componentes:

TABLA N° 3: COMPONENTES DE HARDWARE Y SOFTWARE DEL RFTS FIBERVISOR

HARDWARE	SOFTWARE
RTUs “Unidades de Prueba Remotas” que incluyen OTAUs	Software del “RTU del sistema FiberVisor”.
Servidor (TSC: controlador del sistema de pruebas)	Software del “Servidor del sistema FiberVisor”.
“Estaciones controladoras de red” ONC.	Software de “la estación ONC y de la estación de supervisión del sistema FiberVisor”
Estaciones de supervisión	

EXFO usa la mejor tecnología disponible hoy en día, la misma que tiene muchas ventajas para futuras evoluciones del sistema:

- ✓ Un enorme número de periféricos estándares para ser reconocidos por el sistema
- ✓ Sistema de operación estándar.
- ✓ Compatibilidad con Ethernet y TCP/IP.
- ✓ Disponibilidad de actualizaciones en el software.
- ✓ Y muchos otros más.

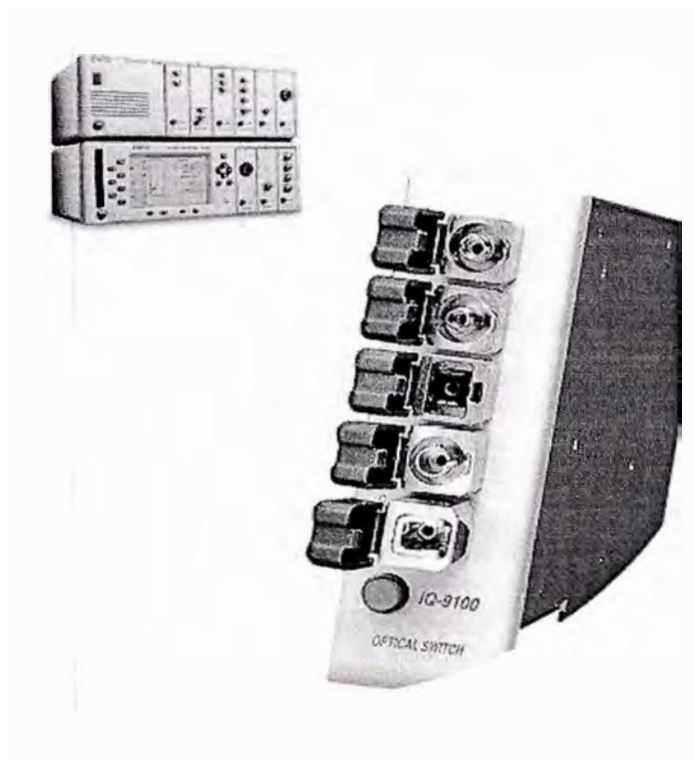
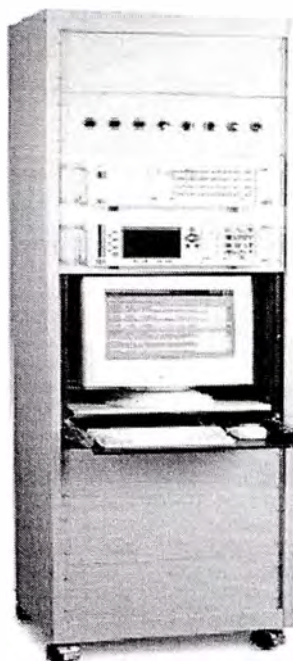


FIGURA N° 48: MÓDULO DE CONMUTADOR (SWITCH) ÓPTICO.

El sistema RFTS de EXFO se divide en las partes esenciales que describiremos a continuación:

RTU, la Unidad Remota de Pruebas, está basada en un Computador Pentium y



usualmente está conformada por un equipo “IQ-203 Mainframe” con un CPU de alto nivel y software del sistema, un OTDR y un “switch” o conmutador óptico (por lo menos con la configuración mínima). Opcionalmente, se puede agregar un medidor de potencia óptica, fuente de luz, etc.

Las Unidades de Pruebas Remotas (RTUs) se despliegan en el campo en puntos estratégicos para realizar el monitoreo de las fibras críticas identificados por el cliente.

FIGURA N° 49: VISTA GENERAL DEL GABINETE DE LA UNIDAD REMOTA DE PRUEBAS (RTU).

El RTU puede realizar el monitoreo del estado de la fibra y el análisis las 24 horas. En condiciones inusuales, el RTU realizará un juicio y análisis de la información de la falla, y reporta al TSC en tiempo real.

➤ **El OTAU (Unidad de Acceso Óptico de Prueba)** es responsable de la conmutación a rutas diferentes. La comunicación entre el OTAU y RTU puede realizarse mediante un módulo de comunicación y modem para disminuir la complejidad y el costo del mantenimiento. El RFTS adopta como principal protocolo de comunicación al TCP / IP, PPP; pero también soporta otros protocolos de red. Como resultado, la red de RFTS puede planificarse convenientemente mediante LAN o WAN.

➤ **EL TSC.** Es el centro de recolección de data, análisis y administración del sistema. Puede gestionar y monitorear cada RTU. Por conveniencia de mantenimiento, el TSC también ofrece acceso remoto y acceso al cuarto de máquina para el monitoreo de campo. Todo TSC puede monitorear el estado de la fibra, el estado de operación de la prueba en demanda, y realizar análisis de fibra. También el TSC puede realizar los análisis, estadísticas, modificación de las configuraciones, etc. La administración del sistema puede planificarse de acuerdo a las necesidades únicas del cliente.

EL SERVIDOR. Puede ser un modelo con las características de un Servidor Compaq Proliant 1000. En este servidor es donde se carga la data geomática y además se verifican las alarmas del sistema, podría funcionar perfectamente como un ONC de no ser porque tiene la data que es pesada y no fácil de manejar.

EL ONC Se utiliza para tomar el control remoto completo de los RTUs, y para probar en demanda uno de los módulos ópticos (OTDR, PMD, OSA, etc.) ubicado en el lugar remoto.



FIGURA N° 50: CONTROLADOR DE LA RED ÓPTICA (ONC).

Se le utiliza para tener el control total de la red, configurar RTUs, visualizar el estado de la red mediante una interfaz intuitiva y amigable GUI, etc. Tiene un acceso completo de la red desde una ubicación central (Estación NT) u otra estación con los derechos de acceso.

LAS ESTACIONES DE SUPERVISIÓN. Son generalmente “laptops” que tienen las mismas funcionalidades que las ONCs, pero que pueden ser utilizados desde un lugar remoto (por ejemplo la oficina o el hogar) conectándose mediante la red PSTN en modo de lectura solamente.

3.4 COMPOSICIÓN DEL SISTEMA FIBERVISOR

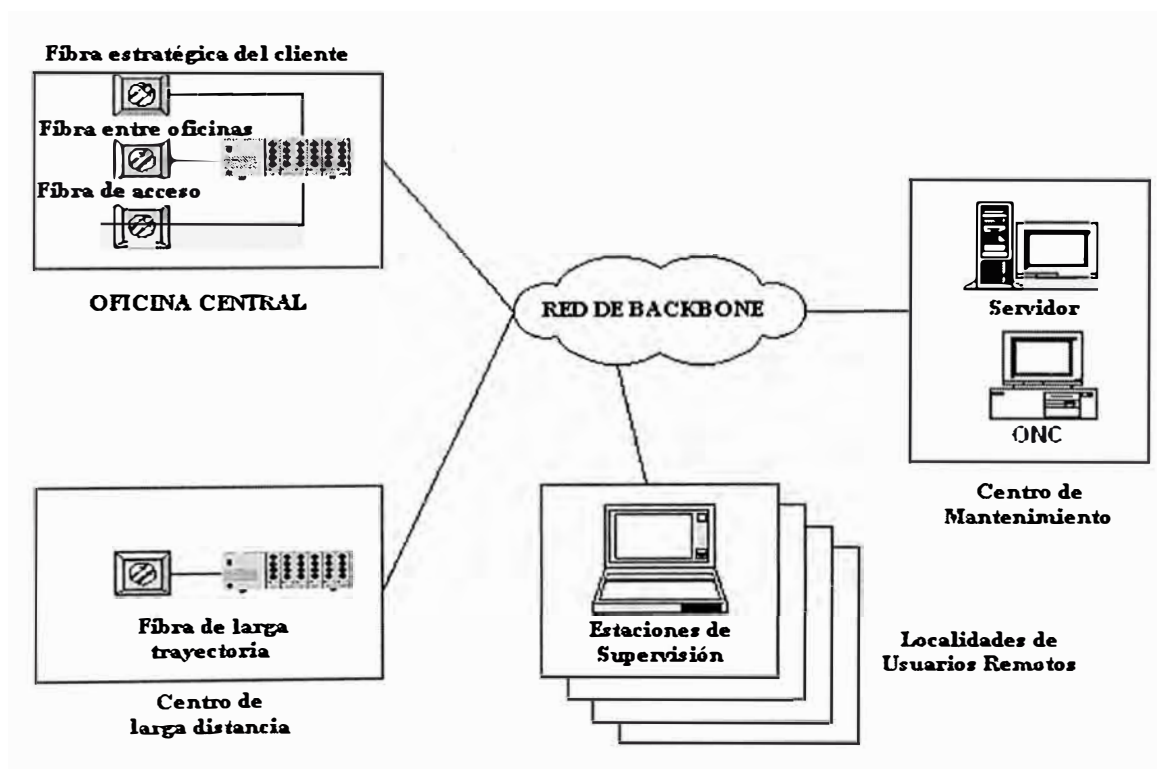


FIGURA N° 51: COMPOSICIÓN DEL RFTS FIBERVISOR DE EXFO.

El FiberVisor de EXFO fue diseñado para producir la misma interfaz gráfica de usuario en el ONC, la estación de supervisión y el RTU. Esto incrementa enormemente la amigabilidad del sistema y simplifica la capacitación del personal técnico. También, el sistema permite realizar pruebas desde dos localidades diferentes sobre el mismo RTU.

3.4.1 CENTRAL DE MANTENIMIENTO.

Esta línea se encarga de la base de datos y su administración. Dentro de ella se encuentran dos equipos importantes los mismos que describimos a continuación:

➤ CONTROLADOR DE LA RED ÓPTICA (ONC).

Está basado en un Ordenador (PC) simple, que puede ser una “Laptop”, “Notebook” o una compatible de Oficina con procesador Pentium y 16Mb de memoria RAM (como mínimo). Estos están situados en los centros de mantenimiento, y tienen una serie de funciones amplias tales como:

- ✓ Configuración de RTU’s.
- ✓ Pruebas en demanda.
- ✓ Configurar parámetros para el monitoreo.
- ✓ Mostrar el estado de la red vía una interfaz geomática GIS.
- ✓ Posicionamiento automático de la falla en GPS.
- ✓ Administración de las pruebas realizadas.
- ✓ Administración de base de datos de alarmas.
- ✓ Análisis estadístico.
- ✓ Acceso total a la red desde una unidad central (servidor)
- ✓ Interfaces múltiples de comunicación (Ethernet, PSTN, X.25, ISDN, etc.).

✓ Control remoto total de las unidades de prueba (pantalla, mouse, teclado).

➤ **SERVIDOR.**

El servidor se utiliza para almacenar toda la data transmitida desde los RTUs, tales como las estadísticas, trazas de referencia, alarmas, información del mapeo, etc. El servidor luego extrapola las ubicaciones físicas de las alarmas con las coordenadas GPS, etc. También se le utiliza como un servidor de comunicaciones para administrar todas las transmisiones realizadas entre los diferentes elementos del sistema.



FIGURA N° 52: SERVIDOR DEL SISTEMA RFTS.

El servidor puede tener las mismas funciones que un ONC pero por seguridad solo deben usarse las funciones de visualización de alarmas de manera gráfica y en el historial.

3.4.2 ESTACIONES DE SUPERVISIÓN

Las estaciones de supervisión cumplen un papel importante en el sistema. Éstas están supeditadas a entrar al sistema vía software y hacer modificaciones en el software del sistema más no en los demás software, por ejemplo: Entrar al Fiber Visor Console y

modificar una distancia óptica de un cable de fibra, o simplemente cambiar la interfaz gráfica de un elemento en la red de fibras.

Esta estación debe tener una plataforma no inferior a una PC compatible Pentium I de 166Mhz. con disco duro de 2.1Gb, 16Mb de RAM, y una tarjeta de red o un módem (según la vía como se desea comunicar con el sistema).

De hecho, la seguridad del sistema no permite que los usuarios remotos puedan cambiar la configuración de ningún elemento del sistema.

3.4.3 OFICINA CENTRAL.

En este campo se muestra el componente de operación neta.

3.4.4 ESTACIÓN REMOTA.

Esta estación portátil se utiliza para acceder a las funciones de mantenimiento mediante un red telefónica pública conmutada (PSTN). Ofrece los mismos rasgos característicos que el ONC. La seguridad de alto-nivel se implementa mediante Windows NT usuario: ID y “password”.de protección.

➤ RTU : IQ 203.

El RTU, basado en una PC del estado del arte, tiene un procesador Pentium con 64 MB de RAM y puede ser instalado en un estante (de 19 pulgadas).

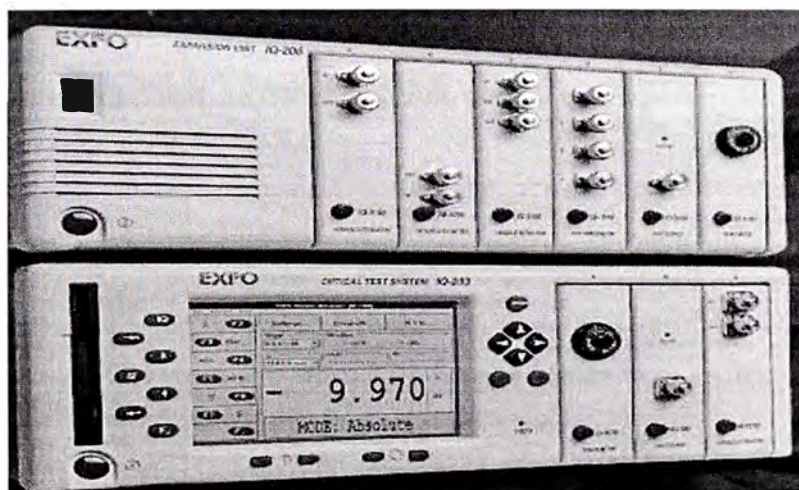


FIGURA N° 53: SISTEMA ÓPTICO IQ 203 E IQ 206.

La computadora central (“mainframe”) IQ 203 tiene como rasgo característico una interfaz gráfica de usuario muy intuitiva y el sistema operativo estándar Windows 95,

compatibilidad con Ethernet y TCP/IP, conexión de periféricos, software de terceros que es de fácil uso, almacenamiento masivo de la data, y muchos otros. Los módulos de conmutador óptico pueden manejar hasta 96 fibras en incrementos de 16, y se puede supervisar hasta un total de 4608 fibras (48 x 96 fibras).

- **CARACTERÍSTICAS DEL RTU:**

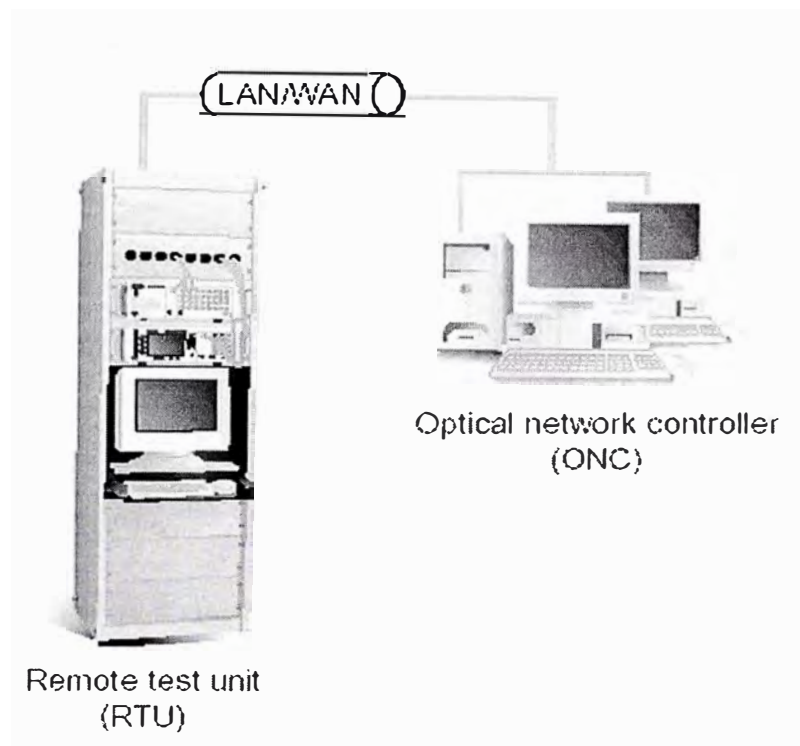


FIGURA N° 54: CONECTIVIDAD ENTRE EL RTU Y EL ONC.

- ✓ Opera con el voltaje de -48 voltios.
- ✓ Protegido con el “Watchdog”.
- ✓ Interfaz gráfica de usuario, pantalla, y botones de control.
- ✓ Basado en Pentium PC con 4.3 GB de disco duro que puede almacenar en total hasta 200 000 trazas.
- ✓ Sistema operativo Windows 95.
- ✓ Unidad de Acceso Óptico de Prueba (OTAU): de hasta 96 fibras en incrementos de 16.

- ✓ Modo de supervisión en tiempo completo o mediante programación.
- ✓ Capacidad de prueba tanto de fibra activa como oscura.
- ✓ Estadísticas de fibra y cable para el mantenimiento preventivo.
- ✓ Localización rápida y exacta del corte de fibra.
- ✓ Visualización geográfica de alarmas con las coordenadas GPS.
- ✓ Re-enrutamiento de alarma vía pager, e-mail, o impresora.
- **CARACTERÍSTICAS DEL OTDR:**

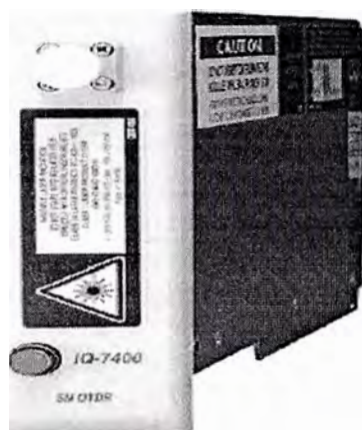


FIGURA N° 55: MÓDULO DE OTDR.

- ✓ Longitudes de onda de prueba de 1310 nm, 1550 nm, y 1625 nm.
- ✓ Rangos dinámicos de 28 dB, 35 dB, y 40 dBs.
- ✓ Resolución de puntos de data de 8 cms.
- ✓ Zona muerta de 3 m.
- ✓ Distancia de 1 m. de precisión.

- **COMPONENTES DE LA UNIDAD DE PRUEBAS REMOTAS (RTU)**

Esta unidad está destinada a interactuar directamente con las fibras a monitorear, y está compuesta por:

- ✓ Una Unidad inteligente basada en un computador Pentium, perteneciente a la línea científica de EXFO modelo IQ-203.
- ✓ Una unidad de expansión modelo IQ-206 (depende de la cantidad de fibras que se desean monitorear por RTU).
- ✓ Un dispositivo Watch dog para protección de la unidad científica.
- ✓ Un bastidor de 19”.
- ✓ Un monitor SVGA de 14” (opcional para conectar a la unidad científica).
- ✓ Un mouse serial de dos botones (opcional para conectar a la unidad científica).
- ✓ Un OTDR, 28dB, 35dB, 40db o 45dB de rango dinámico. largo. Y de longitudes de onda de 1310nm, 1550nm o 1625nm (para trabajar con líneas vivas).

3.5 INFORMACIÓN DETALLADA DEL SISTEMA

	HARDWARE	SOFTWARE
RTUS	Plataforma de prueba EXFO IQ-203 Basado en PC con 2.1 GB de disco duro que puede almacenar hasta 205 000 trazas. Unidad de Acceso de Pruebas	Sistema operativo amigable Windows 95 Software EXFO RTU FiberVisor con todas las funciones requeridas para las aplicaciones del RFTS.

<p>RTUS (CONT.)</p>	<p>Ópticas desde 1 x 2 hasta 1 x 96 canales</p> <p>Módulo PMD, módulo OSA, módulo de medidor de potencia, etc.</p> <p>Módulos OTDR de alto desempeño.</p> <p>1310, 1550, y 1625 nm de rango dinámico: 28, 35, y 40 dBs. (según sean las longitudes de onda).</p> <p>Resolución: 8 cm.</p> <p>Zona muerta: 3 m.</p> <p>Precisión de la resolución: 1 m.</p> <p>Otros:</p> <p>Material necesario para instalar el sistema armado en estante (19 pulgadas).</p> <p>Filtros WDM y acopladores requeridos para aplicaciones de fibra activa.</p>	
--------------------------------	---	--

SERVIDOR	<p>Modelo: Compaq Proliant</p> <p>Pentium III (o equivalente).</p> <p>Memoria: 512 MB SDRAM</p> <p>Disco duro: 4 X 4.3 GB.</p> <p>Display: 43 cm (17 pulgadas) SVGA.</p> <p>Tarjeta PC para Red Ethernet.</p> <p>Tarjeta MODEM interno.</p>	<p>Sistema operativo NT, <i>server</i> 4.0</p> <p>Software para el servidor del FiberVisor de EXFO que incluye todas las funciones relativas a la aplicación del RFTS así como también las funciones geomáticas.</p> <p>Base de datos MS-SQL, <i>server</i> 6.5</p> <p>Software de re-enrutamiento de alarmas, especialmente a pagers, correo electrónico, teléfonos digitales (PCS), etc.</p>
ESTACIONES ONC	<p>Procesador: Pentium 200 MHz (o superior).</p> <p>Disco duro: 2.1 GB</p> <p>Memoria: 32 MB RAM</p> <p>Pantalla de 43 cm (17") SVGA</p> <p>Tarjeta PC para Red Ethernet.</p>	<p>Sistema Operativo NT workstation 4.0, Windows 95, o Windows 98 (depende de las preferencias del cliente).</p> <p>El software de la consola del</p>

ESTACIONES DE SUPERVISIÓN	Procesador: Pentium 200 MHz (o superior). Disco duro: 2.1 GB. Memoria: 32 MB RAM. Pantalla de LCD SVGA en color. Módulo Ethernet/Modem PCMCIA.	FiberVisor de EXFO incluye todo lo que necesita el GUI para interactuar con el sistema y poder realizar las funciones geomáticas.
--	---	---

TABLA N° 4: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL HARDWARE Y SOFTWARE

CONCLUSIONES

1. Es un hecho que los operadores de telecomunicaciones gustarían poder olvidarse de las conexiones de fibra óptica en sus sistemas de redes; pero también es cierto que dichas fibras ópticas pueden fallar en cualquier momento y, particularmente si la red transporta grandes cantidades de información, el operador tiene que encontrar en seguida la causa y la ubicación de la falla, para asegurar que la reparación se efectúe rápidamente. Para lograr este objetivo, se requiere utilizar los equipos y herramientas apropiados.
2. Mediante la evaluación de las necesidades y de la urgencia de una restauración del servicio o reparación de emergencia, se requiere la disposición de un personal de emergencia y mantenimiento. Según los requerimientos, se dispone de diversas clases de equipos ópticos de prueba. Los profesionales encargados de solicitar los equipos que se necesitan, deben primero estar bien informados para escoger bien los productos apropiados para realizar mejor el trabajo y finalmente tomar la decisión para solicitar la compra adecuada.
3. En los casos en los que solamente se requiere probar o calificar la fibra óptica, se pueden utilizar una fuente óptica y un medidor de potencia, midiendo la pérdida de la fibra de extremo a extremo en forma directa. El OTDR, en cambio, se necesita utilizar para localizar los problemas tales como la pérdida óptica de retorno (ORL) de

los conectores, empalmes, fibra óptica, etc. en la planta de cables de fibra óptica de longitud no muy corta y proceder a su corrección.

4. Para los portadores ("carriers") y proveedores de servicios durante las 24 horas del día todos los días, es de vital importancia asegurarse de la integridad y del buen funcionamiento de su red siempre; tarea muy difícil de lograr sin una buena infraestructura de personal capacitado y equipamiento adecuado, los cuales son indispensables. Por lo tanto, la administración o gestión de la red es muy estratégico y necesario en estos casos.

5. El RFTS es un sistema de supervisión de fibras ópticas en el cual una red de fibras ópticas se conecta permanentemente a través de conmutadores ópticos, OTDR, etc.; adicionalmente, con la incorporación de un software y las capacidades de control remoto crean un sistema que continuamente hará pruebas y analizará la red de fibras ópticas. Esto redundará en una mejor utilización del recurso humano de profesionales y técnicos que se pueden dedicar a labores de diseño, análisis y mantenimiento correctivo, sin ser necesario de que se encuentren permanentemente concentrados en el monitoreo de la red y localización de fallas.

6. El sistema RFTS de supervisión remota de fibras ópticas de EXFO, conocido como FiberVisor reduce el tiempo fuera de servicio de una red al realizar una supervisión en tiempo real y es además el único sistema RFTS del mercado capaz de brindar capacidad de monitoreo de redes DWDM.

7. Asimismo, el sistema RFTS puede prevenir al cliente avisándole oportunamente de la ocurrencia de un desperfecto o degradación de algún enlace de fibra óptica o en cierto tramo, localizándolo. El cliente podrá efectuar la corrección mucho antes de que la falla produzca un corte de servicio.

8. El sistema RFTS también permite que los usuarios realicen una variedad de pruebas desde una localización remota. Éstos incluyen las pruebas normales de la potencia, atenuación y del ORL, asimismo las pruebas avanzadas del fenómeno relacionado con el PMD; los OTDRs, OSAs, y WDMs, pueden también utilizarse para dirigir pruebas desde una localidad remota.

9. Otros beneficios que ofrece el sistema RFTS FiberVisor son: transmisión y re-enrutamiento de las alarmas a correos electrónicos, celulares, busca-personas, etc., el mapeo de redes y referencias geográficas, conectividad vía LAN o WAN e incluso vía la red telefónica conmutada, la posibilidad de realizar pruebas continuas o programadas y también en forma remota, puede realizar pruebas no intrusivas de fibras vivas (o activas) y por supuesto de fibras oscuras o sin servicio, es completamente modular, utiliza interfaces gráficas de usuario (GUI), puede realizar estadísticas por fibra o por cable, es de fácil mantenimiento, utiliza equipos de alto grado de precisión en la medición tales como sus OTDR, brinda un excelente soporte de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, es fácil de utilizar y completamente amigable, etc.

10. Con todas estas características y beneficios que brinda el sistema de supervisión de fibras ópticas RFTS FiberVisor de EXFO, el cliente puede sentirse satisfecho y tranquilo de que su red está bien soportada y supervisada, de su alto desempeño (performance), que están muchos pasos delante de sus competidores y que pueden cumplir con sus acuerdos del nivel de servicio que ofrecen y que son capaces de brindar una buena calidad de servicio, asegurándose prontamente del retorno de su inversión al implementar el sistema de supervisión RFTS.

ANEXO A
RELACIÓN DE FIGURAS

FIGURA N° 1

Esquema de un enlace de comunicaciones ópticas. 5

FIGURA N° 2

Cables de fibra óptica. 7

FIGURA N° 3

Vista de lado de una fibra óptica individual. 8

FIGURA N° 4

Tipos de conectores para fibra óptica. 9

FIGURA N° 5

Empalmes. 12

FIGURA N° 6

Acopladores híbridos. 14

FIGURA N° 7

Tipos de fibra según el núcleo. 15

FIGURA N° 8

Los conectores arañados deben desecharse. 17

FIGURA N° 9

Los conectores desgastados con el uso deben desecharse. 17

FIGURA N° 10

Prueba FOTP-34. 22

FIGURA N° 11

Eventos que se visualizan en un OTDR. 26

FIGURA N° 12

Cables de referencia para pruebas. 28

FIGURA N° 13

Medición por sustitución de cable. 29

FIGURA N° 14

Prueba FOTP-171. 29

FIGURA N° 15

Prueba de los cables de referencia. 30

FIGURA N° 16

Calibración utilizando cable de lanzamiento y de recepción. 30

FIGURA N° 17

Fijación del nivel de potencia de referencia 0 dB. 34

FIGURA N° 18

Prueba de cables con conectores ST. 35

FIGURA N° 19

Prueba de cables utilizando acoplador de emparejamiento. 36

FIGURA N° 20

Prueba utilizando cables de referencia con conectores ST y acoplador de emparejamiento. 37

FIGURA N° 21

Prueba de cables utilizando dos cables de referencia ST-ST y dos adaptadores ST. 38

FIGURA N° 22

Prueba de cables cuyos conectores no tienen ferrules de adaptación a ST. 39

FIGURA N° 23

Prueba de la planta de fibra óptica instalada con conectores ST. 41

FIGURA N° 24

Prueba de la planta de cables de fibra óptica (Método 1). 42

FIGURA N° 25

Prueba de la planta de cables de fibra óptica (Método 2). 43

FIGURA N° 26

Prueba de la planta de cables de fibra óptica con cualquier tipo de conector instalado. 44

FIGURA N° 27

Prueba de la potencia óptica de un transmisor. 45

FIGURA N° 28

Sistemas de caracterización de planta. 47

FIGURA N° 29

Detección y localización de alarmas. 66

FIGURA N° 30	
Definición de parámetros umbrales.	66
FIGURA N° 31	
Alarmas observadas mediante la interfaz gráfica.	67
FIGURA N° 32	
Mapeo de la red de fibras.	69
FIGURA N° 33	
Representación gráfica de la información geográfica.	69
FIGURA N° 34	
Localización geográfica de las alarmas.	70
FIGURA N° 35	
Configuración para el monitoreo.	72
FIGURA N° 36	
Prueba en fibras activas.	72
FIGURA N° 37	
Control remoto completo.	73
FIGURA N° 38	
Estadísticas por cable y por fibra.	76
FIGURA N° 39	
Diagrama simplificado de la arquitectura típica del sistema FiberVisor.	77
FIGURA N° 40	
RTU del sistema FMS de INRANGE.	78

FIGURA N° 41	
RFTS (QuestFiber) de NETTEST.	82
FIGURA N° 42	
Esquema del sistema de supervisión de fibras ópticas (RFTS).	84
FIGURA N° 43	
Supervisión de fibras ópticas oscura y viva.	87
FIGURA N° 44	
Integración del sistema óptico de pruebas IQ 200.	89
FIGURA N° 45	
Unidad remota de pruebas (RTU).	91
FIGURA N° 46	
Diagrama simplificado de la arquitectura típica de un sistema RFTS.	92
FIGURA N° 47	
Diagrama del sistema FiberVisor.	93
FIGURA N° 48	
Módulo de conmutador (switch) óptico.	95
FIGURA N° 49	
Vista general del gabinete de la Unidad Remota de Pruebas (RTU).	96
FIGURA N° 50	
Controlador de la red óptica (ONC).	97
FIGURA N° 51	
Composición del RFTS FiberVisor de EXFO.	98

FIGURA N° 52

Servidor del sistema RFTS. 100

FIGURA N° 53

Sistema óptico IQ 203 e IQ 206. 101

FIGURA N° 54

Conectividad entre el RTU y el ONC. 102

FIGURA N° 55

Módulo de OTDR. 103

FIGURA N° 56

Unidad de Control IQ 203. 120

FIGURA N° 57

Conexión del IQ 203 con otro instrumento vía el puerto RS-232. 120

FIGURA N° 58

Conexión del IQ 203 e IQ 206 con dispositivos de entrada/salida externos. 121

FIGURA N° 59

Conexión del IQ 203 e IQ 206 con una PC. 121

FIGURA N° 60

Conectividad de la red. 122

FIGURA N° 61

Unidad de Expansión IQ 206. 122

FIGURA N° 62

Conexión del IQ 206 con el computador PC. 123

FIGURA N° 63

Sistema óptico de pruebas IQ 200. 124

FIGURA N° 64

Configuraciones de conmutadores ópticos. 125

FIGURA N° 65

Medición bidireccional utilizando el IQ 9122. 126

ANEXO B
RELACIÓN DE TABLAS

TABLA N° 1

Pérdidas de fibras desiguales conectadas (pérdida de exceso en dB). 21

TABLA N° 2

Especificaciones de los equipos del RFTS (QuestFiber) de NETTEST 83

TABLA N° 3

Componentes de hardware y software del RFTS FiberVisor. 94

TABLA N° 4

Información técnica del hardware y software. 104

ANEXO C

SISTEMA ÓPTICO DE PRUEBAS IQ 200

EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA IQ 200.

El sistema óptico de pruebas IQ 200 se basa en una arquitectura PC estándar para dar mayor flexibilidad e integración. Este sistema IQ 200 está conformado por el computador principal (“mainframe”) IQ 203, las unidades de expansión IQ 206 y una gran variedad de módulos que se le pueden conectar. El corazón del sistema radica en su Unidad de Control IQ 203, que alberga un procesador Pentium y un total de hasta tres módulos. Conforme crece las necesidades de pruebas, puede crecer modular y gradualmente agregando unidades de expansión IQ 206 de seis ranuras cada una. Lo que es mejor, se puede contar con más de 20 tipos de módulos de prueba disponibles actualmente y juntos pueden ejecutar numerosas mediciones ópticas en un ambiente de tipo multitarea y tienen la capacidad de realizar casi toda clase de prueba que se necesite. Para el caso de incompatibilidades de conectividad e integración se incluyen controles de enlace de comunicaciones vía OLE/OCX, drivers de LabView y controladores de GPIB (IEEE 488.2) adicionales. Es decir, el sistema óptico de pruebas IQ 200 es ideal para que los fabricantes de componentes

realicen pruebas de sus productos y para las pruebas de investigación y de calificación de las aplicaciones desde el laboratorio de ingeniería.

UNIDAD DE CONTROL IQ 203.

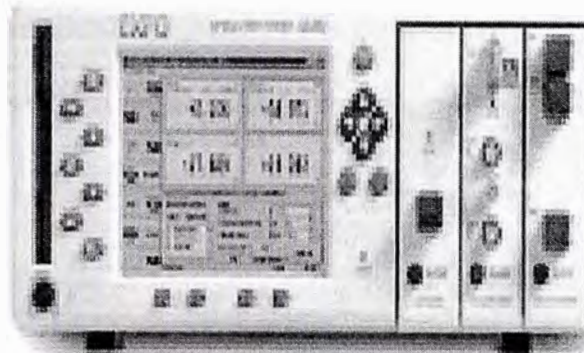


FIGURA N° 56: UNIDAD DE CONTROL IQ 203.

Computador central Pentium con:

- Tres ranuras internas para adicionar igual cantidad de módulos
- Dispositivo o controlador estándar IEEE 488.3 GPIB (opcional).
- Puerto RS-232.
- Tarjeta ethernet (opcional).

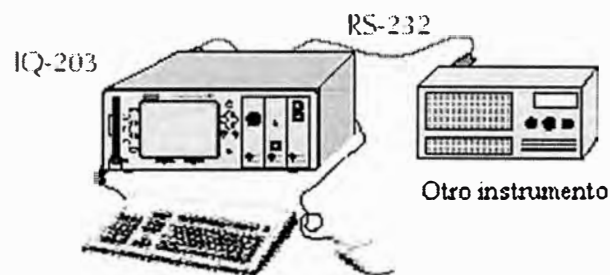


FIGURA N° 57: CONEXIÓN DEL IQ 203 CON OTRO INSTRUMENTO VÍA EL PUERTO RS-232.

Cuando se configura numerosos instrumentos de prueba, puede instalarse una tarjeta controladora GPIB en el IQ 203. Mientras que el IQ 203 toma el control de los módulos de prueba IQ, la operación de los instrumentos externos puede también automatizarse para proporcionar mayor velocidad y ser fácil de utilizar. El software LabView y el LabWindows/CVI pueden utilizarse con el sistema IQ para ofrecer una solución flexible a los desafíos de pruebas complejas.

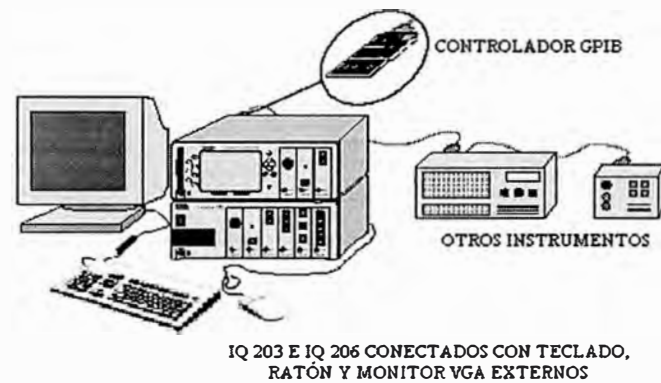


FIGURA N° 58: CONEXIONES DEL IQ 203 E IQ 206 CON DISPOSITIVOS DE ENTRADA/SALIDA EXTERNOS.

El IQ 200 y sus módulos de prueba se adaptan fácilmente al sistema existente. Se

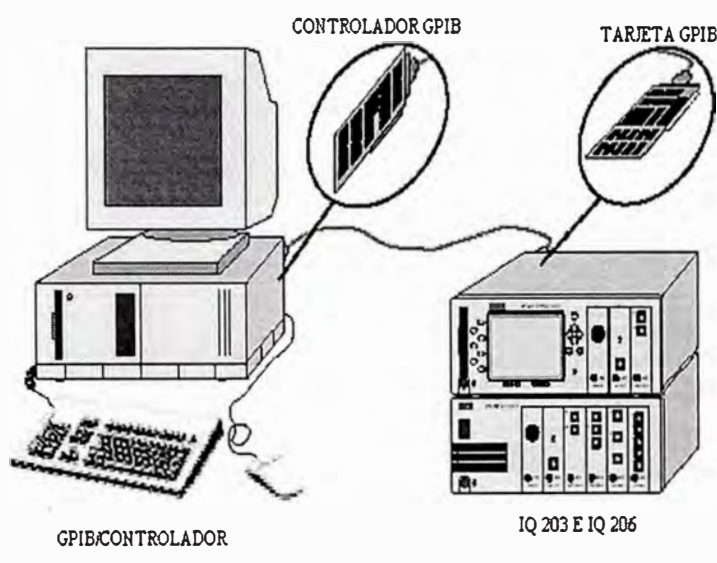


FIGURA N° 59: CONEXIÓN DEL IQ 203 E IQ 206 CON UNA PC.

inserta la tarjeta GPIB directamente dentro del computador central (mainframe) y se logrará tener el beneficio de un valor añadido al concepto del IQ, a la vez que se mantiene la configuración del propio laboratorio.

La capacidad de interconexión de red del sistema IQ incrementa las posibles soluciones de pruebas y mediciones a un nivel ilimitado. Desde un acceso remoto con un computador hasta el uso local de una gran cantidad de módulos, la conexión de red amplía las posibles aplicaciones. El protocolo de comunicación de la red permite una conectividad transparente de múltiples sistemas IQ 200.

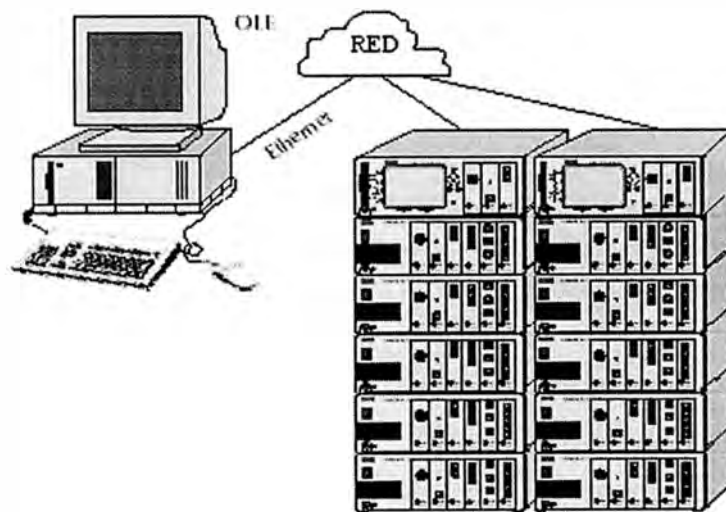


FIGURA N° 60: CONECTIVIDAD DE LA RED.

UNIDAD DE EXPANSIÓN IQ 206.

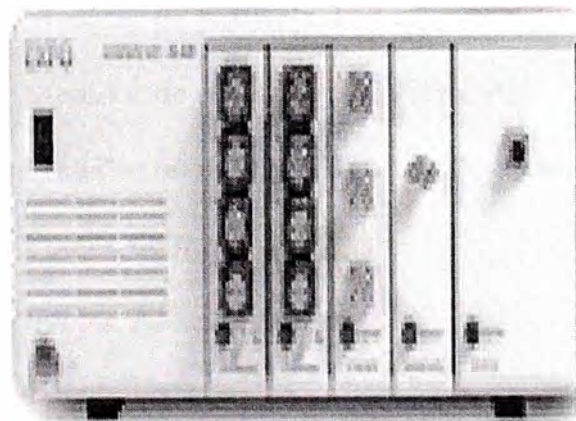


FIGURA N° 61: UNIDAD DE EXPANSIÓN IQ 206.

Unidad de expansión con:

- Seis ranuras con capacidad para conectar igual número de módulos.
- Puede conectarse a la Unidad de control IQ 203 o a una PC estándar utilizando una tarjeta de expansión IQ 206 PC.

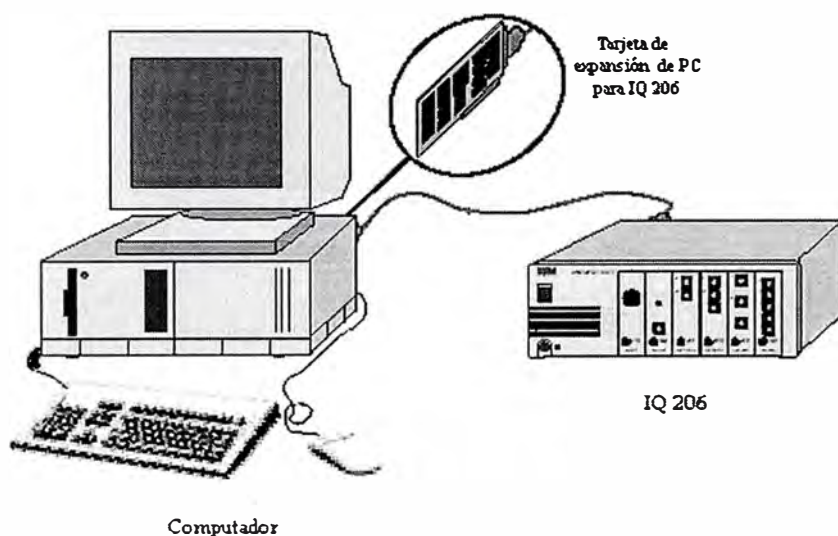


FIGURA N° 62: CONEXIÓN DEL IQ 206 CON EL COMPUTADOR PC.

MÓDULOS DE PRUEBA.

IQ 1100.	Medidor de potencia.
IQ 1200	Medidor de potencia de 4 canales.
IQ 1500	Medidor de potencia de calibración.
IQ 1600	Medidor de potencia de alta velocidad.
IQ 2100	Fuente de luz.
IQ 2300	Fuente ASE de banda ancha.
IQ 2400	Fuente láser WDM.
IQ 2600 B	Fuente láser sintonizable.
IQ 3100	Atenuador variable.
IQ 3200	Medidor de pérdida de retorno.

IQ 3300	Reflector variable.
IQ 3400	Medidor de PDL/OL.
IQ 5100	Controlador de polarización.
IQ 5240	Analizador de espectro óptico.
IQ 5310	Medidor de longitud de onda.
IQ 5500	Analizador de PMD.
IQ 6100	EDFA.
IQ 7000	Series de OTDR.
IQ 9100	Conmutador (switch) óptico.
IQ 9600	Módulos utilitarios.
IQ SDK	Juego desarrollador de software.
etc.	

El sistema IQ ofrece una flexibilidad integrada y una compatibilidad dentro de un ambiente amigable para el usuario.

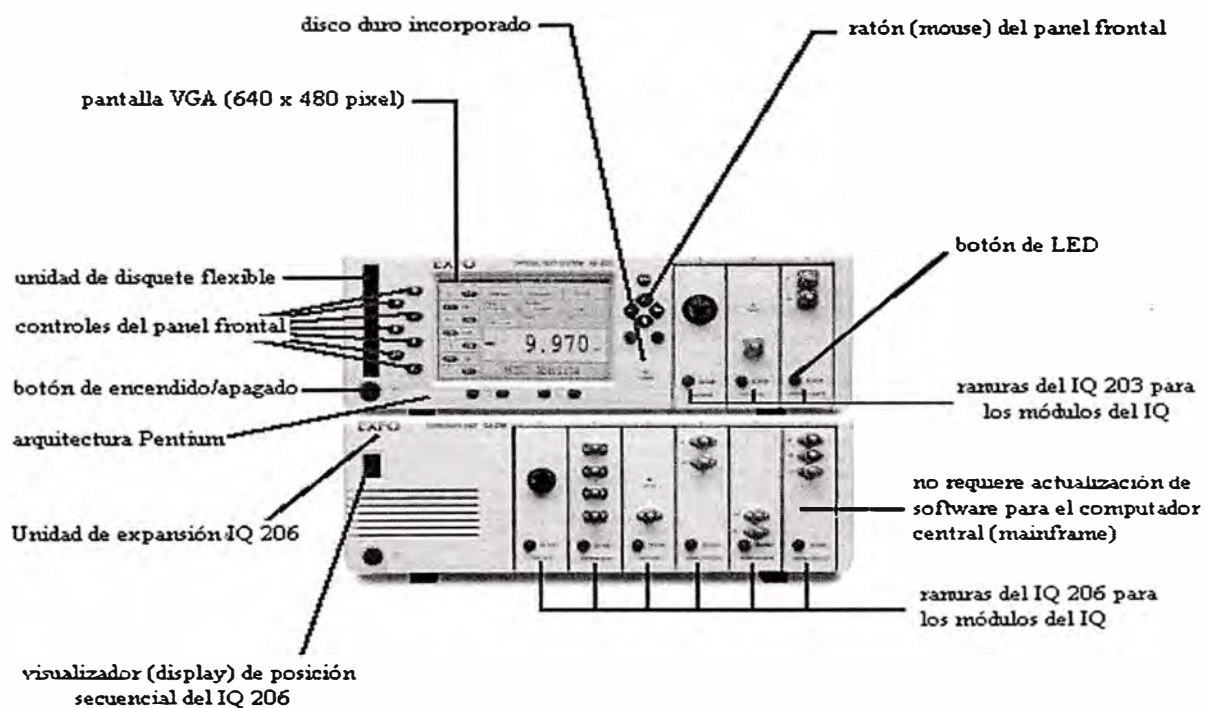


FIGURA N° 63: SISTEMA ÓPTICO DE PRUEBAS IQ 200.

ANEXO D

CONMUTADORES ÓPTICOS IQ 9100

La serie de conmutadores (switches) ópticos IQ 9100 proporciona una conmutación altamente precisa y repetible entre fibras ópticas. Como parte del sistema óptico de pruebas IQ 200, el conmutador óptico IQ 9100 ofrece módulos elegibles de 1x2, 1x4, 1x8, 1x12, 1x16, 1x24, 1x32, 2x2 y 2x4. Está diseñado en un módulo compacto que integra componentes ópticos de precisión y para mínima reflectancia. Están disponibles tanto en las versiones de multimodo como en las de monomodo y ofrecen una solución para todas las necesidades de conmutación ópticas.

Las configuraciones 1xN proporcionan una conmutación óptica precisa entre un puerto común y N puertos de entrada/salida, lo cual es perfecto para realizar pruebas de fibras de cinta o de múltiples componentes.

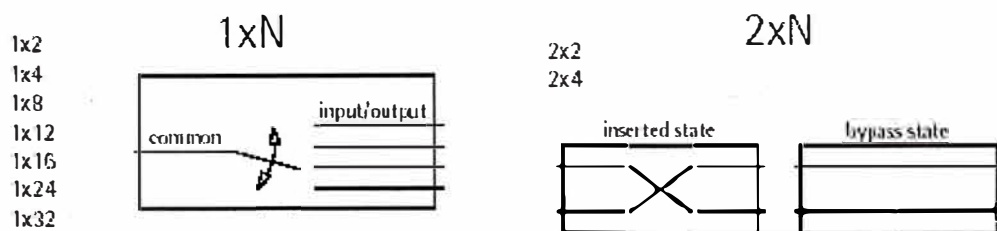
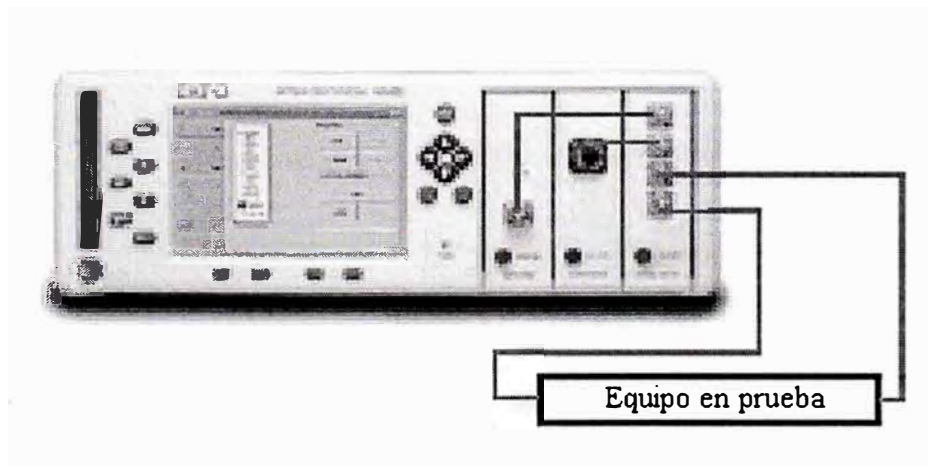


FIGURA N° 64: CONFIGURACIONES DE CONMUTADORES ÓPTICOS.

Las configuraciones 2xN proporcionan una conmutación óptica cruzada precisa. Esta configuración particular es ideal para realizar pruebas bidireccionales de los dispositivos.

El IQ 9100 es ideal para utilizarse en las siguientes aplicaciones de medición:

- Pruebas de múltiples componentes.
- Pruebas bidireccionales.
- Pruebas remotas.
- Enrutamiento de la señal.
- Monitoreo multicanal.
- Pruebas automáticas complejas.
- Pruebas de cinta de fibras.
- Conmutación tipo “bypass”.



Utilice un conmutador óptico 2x2 IQ 9122, un medidor de potencia óptica IQ 1100 y una fuente de luz IQ 2100 para realizar mediciones de pérdidas de inserción bidireccionales.

FIGURA N° 65: MEDICIÓN BIDIRECCIONAL UTILIZANDO EL IQ 9122.

Las características de los conmutadores IQ 9100 son las siguientes:

- Pérdida de inserción (típica) de 0.5 dB.
- ± 0.01 dB de repetibilidad.
- -80 dB de diafonía (crosstalk).
- -55 dB de ORL.
- Bidireccional.
- Opción de bajo PDL (monomodo).
- Alrededor de 10 millones de ciclos.

ANEXO E

TIPOS Y DESCRIPCIÓN DE MÓDULOS PARA RTU

Stand-Alone Remote Test Units (RTUs)		RTU: Optical Switches (OTAs)																															
<p>RFTS-RTU-XX-SA-XX</p> <p>XX: RTU>Mainframe XX: Rack Width</p> <p>00 = for 2, 4, 8 or 12 ports internal switch and for external switch 19 = 19 inches</p> <p>01 = for 16, 24 or 32 ports internal switch 23 = 23 inches</p>		<p>RTU: Optical Switches (OTAs)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>OTAs</th> <th>Description</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RFTS-IQ-9102B-XX-XX</td> <td>2 ports</td> <td rowspan="3">Requires RTU mainframe option C0</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-9104B-XX-XX</td> <td>4 ports</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-9108B-XX</td> <td>8 ports</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-9112B-XX</td> <td>12 ports</td> <td rowspan="3">Requires RTU mainframe option 01</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-9116B-XX</td> <td>16 ports</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-9124B-XX</td> <td>24 ports</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-9132B-XX</td> <td>32 ports</td> <td rowspan="3">Requires RTU mainframe option C0</td> </tr> <tr> <td>RFTS-M-9148B-XX</td> <td>48 ports</td> </tr> <tr> <td>RFTS-M-9172B-XX</td> <td>72 ports</td> </tr> <tr> <td>RFTS-M-9196B-XX</td> <td>96 ports</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		OTAs	Description		RFTS-IQ-9102B-XX-XX	2 ports	Requires RTU mainframe option C0	RFTS-IQ-9104B-XX-XX	4 ports	RFTS-IQ-9108B-XX	8 ports	RFTS-IQ-9112B-XX	12 ports	Requires RTU mainframe option 01	RFTS-IQ-9116B-XX	16 ports	RFTS-IQ-9124B-XX	24 ports	RFTS-IQ-9132B-XX	32 ports	Requires RTU mainframe option C0	RFTS-M-9148B-XX	48 ports	RFTS-M-9172B-XX	72 ports	RFTS-M-9196B-XX	96 ports				
OTAs	Description																																
RFTS-IQ-9102B-XX-XX	2 ports	Requires RTU mainframe option C0																															
RFTS-IQ-9104B-XX-XX	4 ports																																
RFTS-IQ-9108B-XX	8 ports																																
RFTS-IQ-9112B-XX	12 ports	Requires RTU mainframe option 01																															
RFTS-IQ-9116B-XX	16 ports																																
RFTS-IQ-9124B-XX	24 ports																																
RFTS-IQ-9132B-XX	32 ports	Requires RTU mainframe option C0																															
RFTS-M-9148B-XX	48 ports																																
RFTS-M-9172B-XX	72 ports																																
RFTS-M-9196B-XX	96 ports																																
<p>RTU: OTRs</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>OTDRs</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RFTS-IQ-7303B-XX-XX</td> <td>1550 nm (33 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7323B-XX-XX</td> <td>1310/1550 nm (35 dB/33 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7323B-ER-XX-XX</td> <td>1310/1550 nm (37 dB/35 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7403B-XX-XX</td> <td>1550 nm (38 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7423B-XX-XX</td> <td>1310/1550 nm (40 dB/38 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7434B-ER1-XX-XX</td> <td>1550/1625 nm (37/36 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7434B-ER2-XX-XX</td> <td>1550/1625 nm (40/39 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7434B-XX-XX</td> <td>1550/1625 nm (37 dB/33 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7404B-XX-XX</td> <td>1625 nm (34 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7404B-ER1-XX-XX</td> <td>1625 nm (37 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7403B-ER1-XX-XX</td> <td>1550 nm (40 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7404B-ER2-XX-XX</td> <td>1625 nm (40 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7523B-XX-XX</td> <td>1310/1550 nm (42 dB/40 dB)</td> </tr> <tr> <td>RFTS-IQ-7503B-ER-XX-XX</td> <td>1550 nm (42 dB)</td> </tr> </tbody> </table>		OTDRs	Description	RFTS-IQ-7303B-XX-XX	1550 nm (33 dB)	RFTS-IQ-7323B-XX-XX	1310/1550 nm (35 dB/33 dB)	RFTS-IQ-7323B-ER-XX-XX	1310/1550 nm (37 dB/35 dB)	RFTS-IQ-7403B-XX-XX	1550 nm (38 dB)	RFTS-IQ-7423B-XX-XX	1310/1550 nm (40 dB/38 dB)	RFTS-IQ-7434B-ER1-XX-XX	1550/1625 nm (37/36 dB)	RFTS-IQ-7434B-ER2-XX-XX	1550/1625 nm (40/39 dB)	RFTS-IQ-7434B-XX-XX	1550/1625 nm (37 dB/33 dB)	RFTS-IQ-7404B-XX-XX	1625 nm (34 dB)	RFTS-IQ-7404B-ER1-XX-XX	1625 nm (37 dB)	RFTS-IQ-7403B-ER1-XX-XX	1550 nm (40 dB)	RFTS-IQ-7404B-ER2-XX-XX	1625 nm (40 dB)	RFTS-IQ-7523B-XX-XX	1310/1550 nm (42 dB/40 dB)	RFTS-IQ-7503B-ER-XX-XX	1550 nm (42 dB)	<p>XX: Connector Options</p> <p>54 = SC/APC XX: Connector Adapters</p> <p>58 = FC/APC 00 = Fixed Connectors</p> <p>70 = FC/APC (no universal interface)</p> <p>92 = S1/APC 89 = 101-89 (FC)</p> <p>98 = SC/APC 90 = 101-90 (SI) (H only)</p> <p>E1 = EXIO OPC Universal Interface 91 = 101-91 (SC)</p> <p>(for 2, 4 and 8 ports only)</p> <p>EA = EXIO APC Universal Interface (for 2, 4, and 8 ports only)</p>	
OTDRs	Description																																
RFTS-IQ-7303B-XX-XX	1550 nm (33 dB)																																
RFTS-IQ-7323B-XX-XX	1310/1550 nm (35 dB/33 dB)																																
RFTS-IQ-7323B-ER-XX-XX	1310/1550 nm (37 dB/35 dB)																																
RFTS-IQ-7403B-XX-XX	1550 nm (38 dB)																																
RFTS-IQ-7423B-XX-XX	1310/1550 nm (40 dB/38 dB)																																
RFTS-IQ-7434B-ER1-XX-XX	1550/1625 nm (37/36 dB)																																
RFTS-IQ-7434B-ER2-XX-XX	1550/1625 nm (40/39 dB)																																
RFTS-IQ-7434B-XX-XX	1550/1625 nm (37 dB/33 dB)																																
RFTS-IQ-7404B-XX-XX	1625 nm (34 dB)																																
RFTS-IQ-7404B-ER1-XX-XX	1625 nm (37 dB)																																
RFTS-IQ-7403B-ER1-XX-XX	1550 nm (40 dB)																																
RFTS-IQ-7404B-ER2-XX-XX	1625 nm (40 dB)																																
RFTS-IQ-7523B-XX-XX	1310/1550 nm (42 dB/40 dB)																																
RFTS-IQ-7503B-ER-XX-XX	1550 nm (42 dB)																																
<p>XX: Connector Options</p> <p>58 = FC/APC XX: Connector Adapters</p> <p>89 = SC/APC 00 = Fixed Connectors</p> <p>89 = FC/APC (no universal interface)</p> <p>90 = S1/APC 89 = 101-89 (FC)</p> <p>91 = SC/APC 90 = 101-90 (SI) (H only)</p> <p>E1 = EXIO OPC Universal Interface 91 = 101-91 (SC)</p> <p>EA = EXIO APC Universal Interface</p>		<p>RTU OSAs</p> <p>RFTS-IQ-5240-XX-XX</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>XX: Connector Options</th> <th>XX: Connector Adapters</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E1 = EXIO OPC Universal Baseplate</td> <td>89 = 101-89 (FC)</td> <td rowspan="2">IQ-9601-03-89-805</td> </tr> <tr> <td>EA = EXIO APC Universal Baseplate</td> <td>91 = 101-91 (SC)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>95 = 1-2000</td> <td>Splitter 1x2, 1/99, Singlemode Optical Spectrum Analyzer</td> </tr> </tbody> </table>		XX: Connector Options	XX: Connector Adapters	Description	E1 = EXIO OPC Universal Baseplate	89 = 101-89 (FC)	IQ-9601-03-89-805	EA = EXIO APC Universal Baseplate	91 = 101-91 (SC)		95 = 1-2000	Splitter 1x2, 1/99, Singlemode Optical Spectrum Analyzer																			
XX: Connector Options	XX: Connector Adapters	Description																															
E1 = EXIO OPC Universal Baseplate	89 = 101-89 (FC)	IQ-9601-03-89-805																															
EA = EXIO APC Universal Baseplate	91 = 101-91 (SC)																																
	95 = 1-2000	Splitter 1x2, 1/99, Singlemode Optical Spectrum Analyzer																															

BIBLIOGRAFÍA

1. Chomycz, Bob. “Instalaciones de fibra óptica. Fundamentos, técnicas y aplicaciones”. Ed. Mc. Graw Hill, 1996.
2. Jardón Aguilar, Hildeberto; Linares y Miranda, Roberto. “Sistemas de comunicaciones por fibra óptica”. Ed. Alfaomega, 1995.
3. Belleza Zamora, Eduardo. “Nuevas tecnologías en telecomunicaciones ópticas”. Club de Electrónica.
4. Corning. “Conductores de fibras ópticas. Conceptos básicos, técnicas del cable, planificación de las instalaciones”. Ed. Marcombo en coedición con Ed. Alfaomega.
5. Rubio, B. “Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica”. Ed. Ra-Ma.
6. Tur, Juan. Martínez, Ma. Rosario. “Todo sobre las fibras ópticas”. Ed. Marcombo. 1989.
7. John M. Senior. “Optical fiber communications: Principles and practice”. New York; London. Prentice Hall. 1992.
8. Guía de referencia de EXFO. 2002.
9. “Sistema de pruebas remoto de fibra óptica”. Manual de instrucciones de EXFO.
10. IEEE Communications Magazine. “Fiber Optic Systems”. Octubre 2001, Febrero 2002.

11. Cañada, A., Torres, J. “Sistemas de comunicación por fibra óptica de gran capacidad”.Ed. Mundo Electrónico. Febrero 1997. Páginas 59 al 63.
12. Sonería, H. J. Ruiz, S. “Transmisión por fibra óptica con WDM”. Ed. Mundo Electrónico. Junio 1997. Páginas 40 al 45.
13. Frenzel, Louis. “Sistemas electrónicos de comunicaciones”. Ed. Alfaomega.
14. Tanenbaum, Andrew S. “Redes de computadoras”. Ed. Prentice Hall. Tercera edición.
15. <http://www.occfiber.com/espanol/index.html>.
16. <http://www.geocities.com/siliconvalley/way/4302/fibra.html>.
17. <http://www.members.tripod.com/~glorsarm/index-4.html>.
18. <http://www.ucbcb.edu.bo/carreras/ingsis/cursos/cursodelhaire/welcome.html>.
19. <http://www.unige.ch/seinf/jfl/fibre/>.
20. <http://www.gratisweb.com/jorgeulises/fibra.html/>.
21. http://www.emcali.net.co/fibra_optica_emcali.html.
22. <http://www.arturosoria.com/fisica/art/fibra.asp>.
23. <http://www.comoves.unam.mx/articulos/fibraoptica.html>.
24. <http://www.monografias.com/trabajos12/fibra/fibra.shtml>.
25. <http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml>.
26. <http://www.lafacu.com/apuntes/informatica/fibra-optica/default.htm>.
27. <http://www.fibra-optica.org/servicios-fibra-optica/que-es-la-fibra-optica/fibra.asp>.
28. http://usuarios.lycos.es/Fibra_Optica/.