

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA DE FIBRA ÓPTICA (RFTS)

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

ROGER PEDRO BARBARÁN CHÁVEZ

**PROMOCIÓN
1993 - I**

**LIMA – PERÚ
2007**

SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA DE FIBRA ÓPTICA

(RFTS)

Dedico este trabajo a mi amada esposa Pilar y a mis tres queridos hijos: Jonathan, Alessandra y Sebastián, por su valioso apoyo y comprensión. Sin el empuje de ellos, no hubiera podido culminar éste importante hito de mi carrera profesional.

SUMARIO

Debido a las tendencias de crecimiento de las redes de fibra óptica de los diferentes Operadores de Telecomunicaciones a nivel mundial, se hace necesario la supervisión o monitoreo de dichas redes, para un mantenimiento óptimo, a fin de mantener la calidad y un alto grado de disponibilidad del medio, en el cual convergen los diferentes servicios de Telecomunicaciones que las Operadoras brindan a sus clientes de acceso o de última milla.

En la empresa que laboro actualmente, Telefónica del Perú, desarrollé un proyecto de gran envergadura, que consistió en la instalación de un Sistema de Supervisión o Monitoreo automático para la red principal o backbone de Fibra Óptica de Telefónica del Perú.

El Sistema se implementó y desarrolló inicialmente para el monitoreo de más de 6,000 Km. de Fibra Óptica, distribuida a lo largo de la costa peruana (de Tumbes a Tacna) y por un acceso vial desde las ciudad de Arequipa hacia Desaguadero (frontera de Bolivia).

El objetivo de este tipo de sistemas, es el monitoreo de todos los tipos de redes de fibra óptica de los operadores de servicios de Telecomunicaciones (redes de enlace, redes de acceso o distribución), y con una visión más amplia y enfocada al cliente, la del monitoreo de las redes ópticas pasivas (tecnologías FTTH), la cual es la tendencia de las redes de última milla, debido al explosivo avance de las comunicaciones y de la transferencia de información a gran escala (anchos de banda elevados). Los medios y sistemas actuales de cobre (ADSL, VDSL, etc.), en el futuro no cubrirán la demanda de los grandes anchos de banda de los usuarios cibernéticos. La fibra óptica es el único medio que podrá cumplir con los grandes requerimientos exigidos y por lo tanto es un medio que debe ser monitoreado y controlado.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS PRELIMINARES	3
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 REDES DE FIBRA ÓPTICA	4
1.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	7

CAPÍTULO II

PLANEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL RFTS	11
2.1 OBJETIVO DEL PROYECTO	11
2.2 DESCRIPCIÓN DEL RFTS	12
2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA	13
2.4 FUNCIONALIDADES DEL RFTS	15
2.5 ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES	19

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL RFTS	27
3.1 DISEÑO DEL RFTS EN TdP	27
3.2 INSTALACIÓN DEL RFTS EN TdP	33
3.3 CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN DEL RFTS	40
3.4 PRESUPUESTO DEL RFTS	41

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DEL RFTS	44
4.1 ARQUITECTURA DEL RFTS	44
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL RFTS	45
4.3 OPERACIÓN DEL APLICATIVO DEL RFTS	51

CAPÍTULO V

MEJORAS DEL RFTS	62
5.1 NUEVA PLATAFORMA NQMS FIBER	62
5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL NQMS FIBER	63
5.3 ELEMENTOS DEL NQMS FIBER	65
5.4 PROPUESTA DE MEJORA DEL RFTS	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
ANEXO A RELEMENTOS PASIVOS DE REDES DE FIBRA OPTICA	78
ANEXO B REFLECTÓMETRO ÓPTICO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (OTDR)	90
ANEXO C PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN DEL RFTS	95
ANEXO D PROCESO DE GESTIÓN DE ALARMAS RFTS	106
ANEXO E EJEMPLO DE ESQUEMÁTICOS DE LOS ENLACES ÓPTICOS DE SUPERVISIÓN (ZONA NORTE)	108
BIBLIOGRAFÍA	118

PRÓLOGO

El presente informe consiste en la descripción detallada de un Sistema de Supervisión de Fibra Óptica (RFTS), el cual, es un Sistema automático y centralizado. Gestiona sus elementos remotos de prueba y medición (RTUs), mediante una base de datos centralizada de la información de todos los elementos del Sistema y de las redes de fibra óptica configuradas para su supervisión. Asimismo, posee para la interfase de usuario, un software aplicativo (Fiber Visor) para la detección y administración de las alarmas detectadas en los enlaces ópticos monitoreados.

El propósito general de este Sistema, es de detectar cualquier anomalía o fallos en las redes de fibra óptica monitoreadas a nivel físico, desde una pequeña atenuación hasta un corte del enlace óptico, para lo cual, utiliza Reflectómetros Ópticos en el Dominio del Tiempo (OTDRs), para la medición automática de la fibra óptica y la verificación constante, de las posibles variaciones de las características del medio óptico.

El informe está dividido en cinco capítulos, que muestran en forma progresiva, el desarrollo de la implementación del Sistema, desde una justificación técnica para la instalación de ese tipo de proyecto, sus especificaciones técnicas, la instalación en las redes de fibra óptica de Telefónica del Perú, la descripción del Sistema actual y las mejoras a corto plazo del proyecto.

En el capítulo I, se describe algunos antecedentes y la justificación técnica para la instalación del Sistema en las redes de fibra óptica de Telefónica del Perú. Se detalla las redes existentes de fibra óptica y se muestran algunos valores cuantitativos, de eventos en la red, gastos de reparación y pérdidas por lucro cesante, que visualizan el comportamiento real en la administración de una red de fibra óptica de gran magnitud, que posee dicho operador de Telecomunicaciones.

El capítulo II, nos detalla las especificaciones técnicas del Sistema de Supervisión Remota de Fibra Óptica (RFTS), nos plantea el objetivo del proyecto y nos describe a

nivel de hardware y software los diferentes elementos del Sistema y la funcionalidad de los mismos.

En el capítulo III, se detalla el diseño y la instalación del RFTS en las redes de fibra óptica de Telefónica del Perú. Se muestra las consideraciones preliminares de los datos de campo, para la elaboración final del perfil del Sistema, así como el cronograma de instalación en la planta del operador. Asimismo, este capítulo describe, la situación final de los elementos instalados y detalla los costos del equipamiento en la instalación total “llave en mano” del Sistema.

El capítulo IV, describe las características técnicas de los elementos instalados y la funcionalidad de los mismos. Nos muestra la arquitectura y la aplicación del RFTS, describiendo al detalle la operación del aplicativo Fiber Visor para la administración y gestión de las alarmas y otras funcionalidades del Sistema.

Finalmente, el capítulo V, nos muestra el detalle para la mejora o actualización del Sistema actual, con un nuevo planteamiento en la base de hardware y una nueva interfase de usuario. Básicamente, es un up-grade del sistema actual con una visión al monitoreo de nuevas redes de fibra óptica, llamadas redes ópticas pasivas (PON), las cuales presentan otras características de atenuación (por los divisores ópticos pasivos) y por lo tanto, requieren para su monitoreo nuevas tecnologías en OTDR. El capítulo también describe, las características y funcionalidades del nuevo Sistema (NQMSfiber) y detalla la propuesta técnica-económica para la mejora del actual RFTS.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS PRELIMINARES

1.1 ANTECEDENTES

La gestión de los diferentes Sistemas de Transmisión por Fibra Óptica, desde sus inicios y hasta en estos tiempos, ha sido muy variada; dependiendo del fabricante, cada sistema de gestión es propietario y generalmente controlan y gestionan alarmas a nivel de enlace y en otros niveles superiores en las capas del modelo OSI (ejemplo: Sistemas de transmisión Alcatel, Ericsson, Philips, Huawei, etc.)

En el nivel físico (capa 1 del modelo OSI), los diferentes sistemas propietarios de gestión, solo cuantifican una pérdida total o parcial de la señal óptica, entre sus equipos extremos en la red, en la cual podrían estar interconectados uno o más enlaces ópticos (nivel físico).



Fig. 1.1 ejemplo de Red de Transmisiones

En el nuevo milenio, se ha incrementado considerablemente las redes de Fibra Óptica a nivel mundial. En el Perú en los años 90's, se contaba con cerca de 3,000 Km. de fibra óptica, ahora en la actualidad, en el año 2007, se tiene instalado más de 7,000 Km. solo del Operador Telefónica del Perú (TdP). Otros Operadores como Telmex, viene instalando más de 2,000 Km. a nivel Nacional.

Debido a la geografía variada del Perú (costa, sierra y selva), las instalaciones de las redes de fibra óptica, se han realizado principalmente en la costa peruana, donde se encuentran las redes urbanas de alto tráfico (redes core: anillos ATM, SDH, DWDM, Giga Ethernet, etc.) y las redes interurbanas o de interconexión (redes backbone o Fibra Óptica Nacional (FON), con enlaces SDH, DWDM). Para las interconexiones de los sistemas de transmisión con la sierra y selva peruana, es por medios de radio-enlace o vía satélite.

Recién en los últimos años (2005-2006), TdP ha instalado un enlace Nacional de interconexión entre Lima y Huancayo (más de 270 Km. de cable de fibra óptica) y tiene además, proyectos de interconexión a mediano y largo plazo, con algunas ciudades principales de la sierra peruana.

Las extensas redes de interconexión (Fibra Óptica Nacional) de más de 3,000 Km., están instaladas a lo largo de las carreteras Panamericanas o redes viales interurbanas, y por sus altos costos de instalación y por la restringida zona geográfica en la que se encuentran, no se han formado anillos ópticos de respaldo; éstas redes cuentan con un respaldo limitado vía radio-enlace o vía satélite y actualmente también, se están respaldando por cable submarino.

La gran cantidad de tráfico de interconexión en las redes Nacionales (Fibra Óptica Nacional) y la diversidad de sistemas de transmisión que cuentan estas redes, no permite ser respaldado totalmente por los medios inalámbricos, la única solución técnica más óptima, sería contar con un respaldo de anillos ópticos por la sierra peruana, lo que implica grandes inversiones para TdP u otro operador que requiera este tipo de respaldo.

1.2 REDES DE FIBRA ÓPTICA

Las Redes de Fibra Óptica, corresponde a la plataforma física de cables de Fibra Óptica de interconexión entre Nodos o de acceso a la red de Telefónica del Perú (TdP).

Existen tres tipos de redes de F.O. en TdP:

- Redes de Enlace Local o urbano.
- Red de Enlace Nacional (Fibra Óptica Nacional)
- Redes de Distribución o de Acceso
- Redes Ópticas Pasivas (PON)

1.2.1 Redes de Enlace Local

Las redes de Enlace local corresponden a cables de F.O. de enlace entre Centrales o Nodos de Telecomunicaciones.

En este tipo de redes pueden existir Entronques, que consisten en un cable de menor capacidad, que toman una cuenta parcial de fibras del cable principal de enlace. Este tipo de conexión es generalmente para la interconexión de Centrales o Nodos alejados o en los alrededores de la ciudad o localidad.

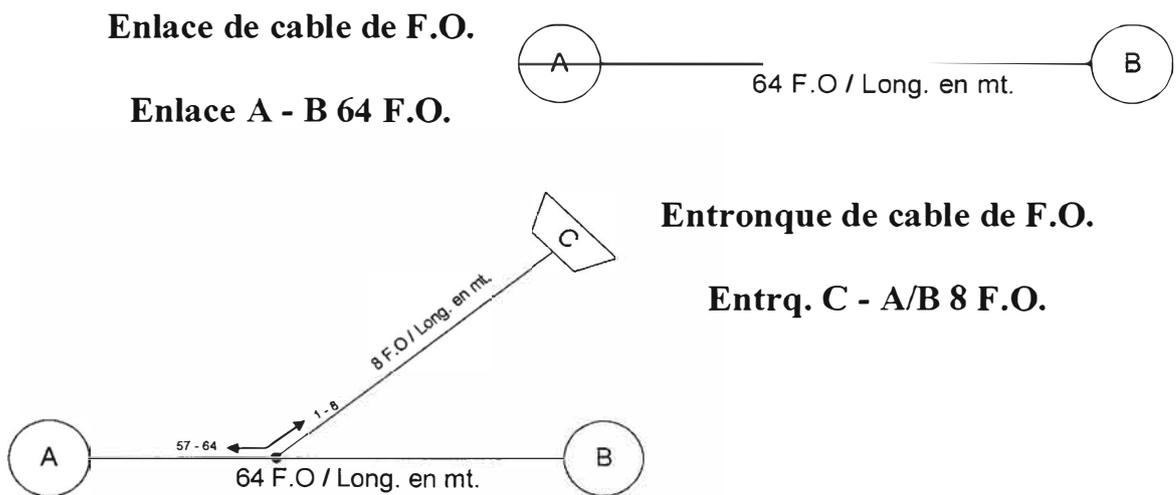


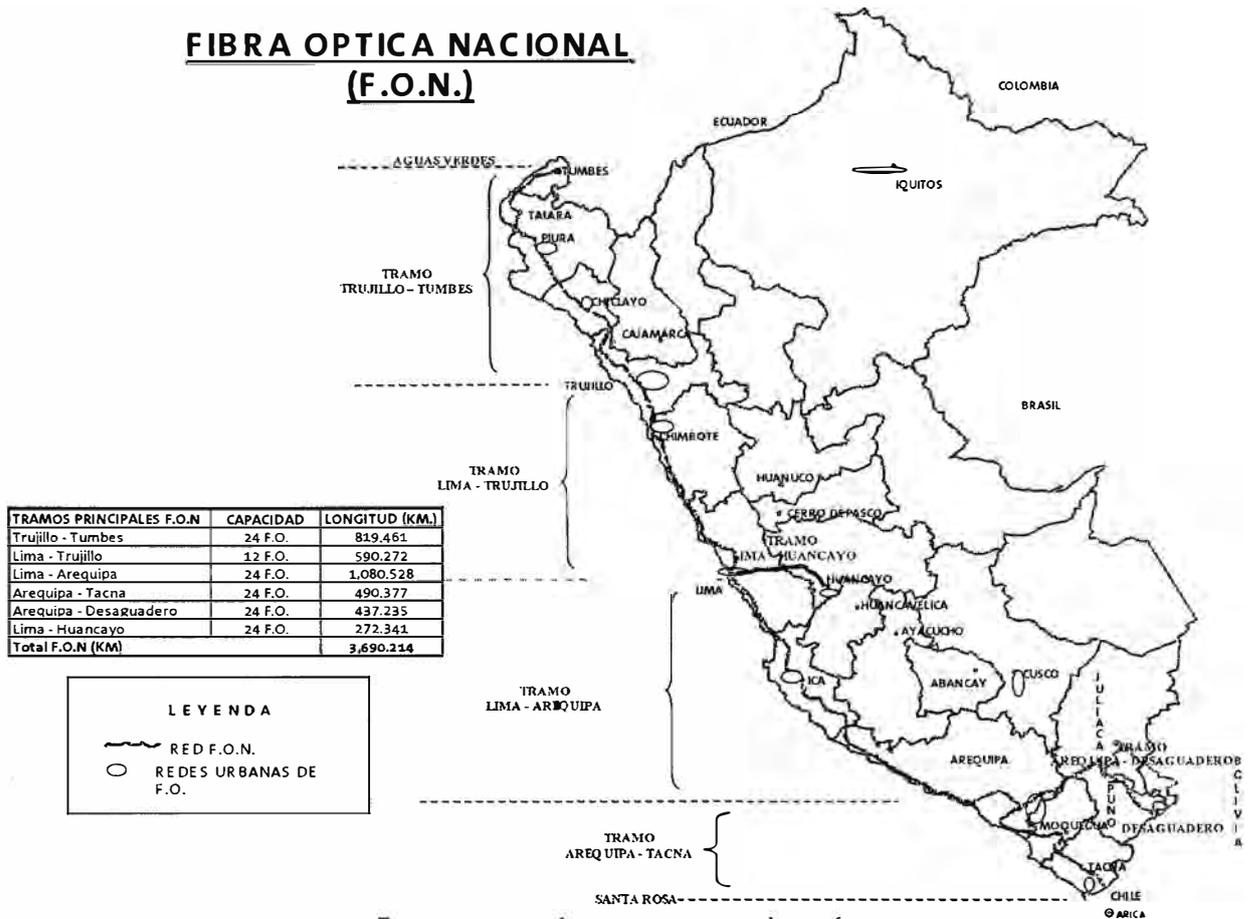
Fig. 1.2 Esquemas de redes de enlace F.O.

1.2.2 Red de Enlace Nacional (F.O.N.)

Corresponde a la red de F.O. principal de transporte a nivel Nacional (Fibra Óptica Nacional), para la interconexión de las ciudades principales del país.

En esta red convergen los servicios principales de Telecomunicaciones en sistema de transmisión de alta capacidad (SDH 2,5 Gbps, DWDM 10 Gbps).

FIBRA OPTICA NACIONAL (F.O.N.)



1.2.3 Redes de Distribución o Acceso

Las redes de distribución son redes estructuradas para el acceso de clientes (punto a punto) o para puntos de terminación de redes ópticas (PTRO). Estas redes pueden ser parte de redes mixtas HFC (Híbrida Fibra-Coaxial), para servicios de Televisión por Cable (CATV); en donde el PTRO sería una Terminal de Red Óptica de Banda Ancha (TROBA).

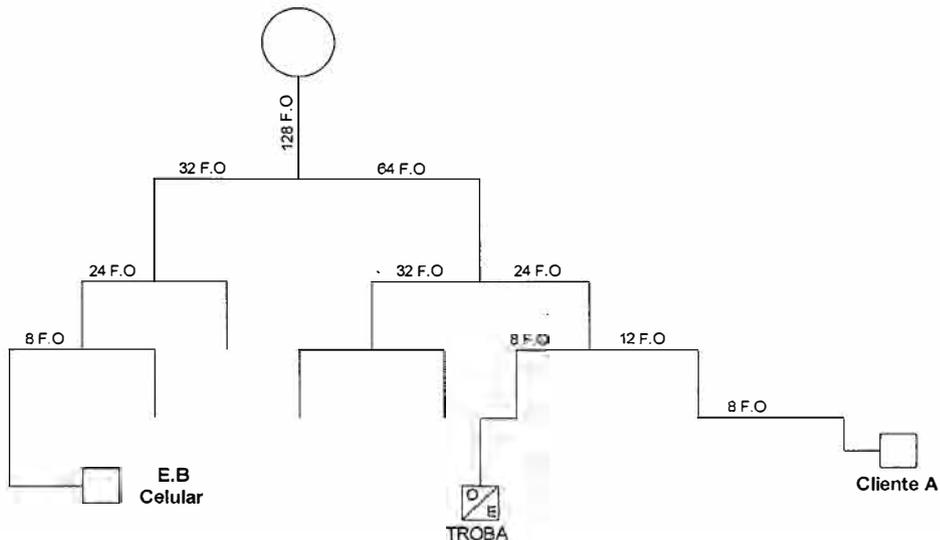


Fig. 1.4 Esquema de un cable de Distribución 128 F.O.

1.2.4 Redes Ópticas Pasivas (PON)

Telefónica del Perú (TdP) implementó un piloto para la instalación de una red óptica pasiva, en una zona residencial de Lima (sector nivel A).

Este piloto servirá como base, para una instalación masiva de este tipo de red y reemplazará en un futuro próximo, las redes de acceso de cable multipar (redes de cobre), las cuales actualmente son los puntos de accesos a los clientes de telefonía básica, de los servicios de ADSL (Internet) y de los servicios de transmisión de datos de baja velocidad.

La red piloto (PON) instalada, es una red pasiva de dos niveles de divisores (splitters) y tiene una capacidad de 30 clientes iniciales.

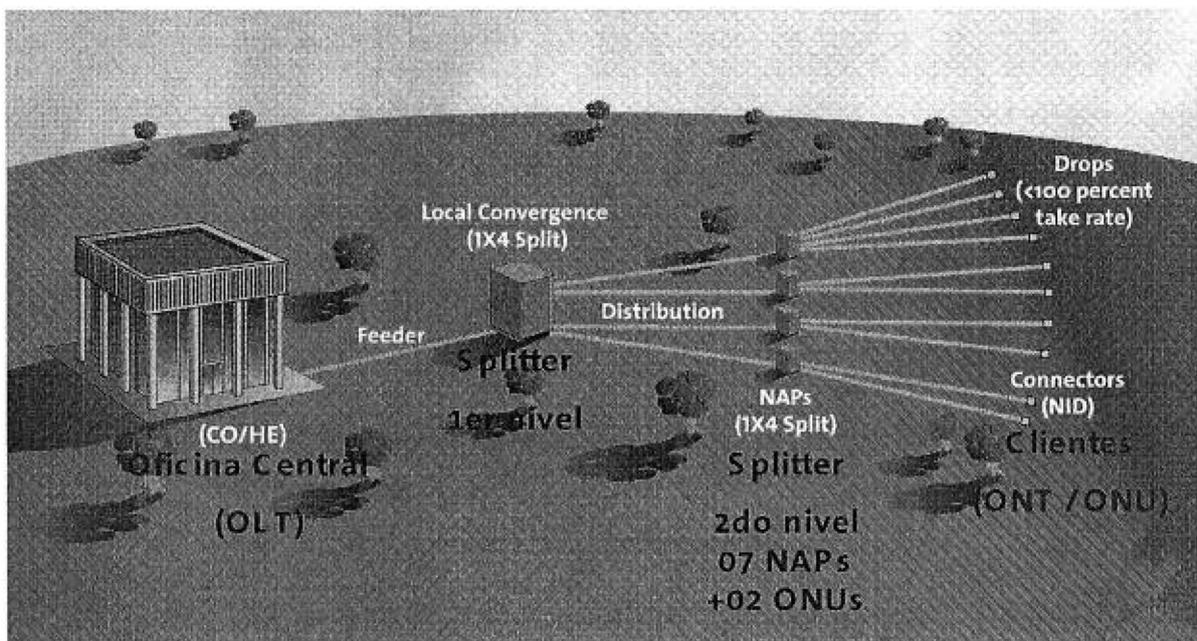


Fig. 1.5 Red Óptica Pasiva (PON) – Proyecto piloto en TdP

1.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Como se indicó en las primeras líneas del numeral 1.1, los gestores de los sistemas de transmisión de fibra óptica, solo señalan alarmas de pérdida de señal óptica, ante un evento en la red (corte o rotura del cable de enlace de F.O.). Para la reparación del evento o avería en la red de Fibra Óptica, el personal especialista de mantenimiento de la red, se tendría que trasladar un posible punto más cercano del evento (de acuerdo a las alarmas del sistema de transmisión) y realizar mediciones, para determinar la ubicación del fallo o avería en el cable de fibra óptica.

Los sistemas tradicionales de gestión de los sistemas de transmisión por fibra óptica, no cuentan con equipos de medición óptica, debido que no es parte de su funcionalidad. La gestión de estos sistemas es generalmente a nivel de enlace, donde detallan alarmas por incremento de tasas de error o la incomunicación de sistemas o enlaces ópticos desde niveles E1's (2.048 Mbps) o STM-1, y hasta sistemas de alta velocidad tales como SDH 2.5 Gbps, STM-16 ó STM-64 por ejemplo.

Por lo tanto, debido a las necesidades del Operador Telefónica del Perú (TdP) para optimizar la calidad de servicio y reducir al mínimo los tiempos de interrupción de sus sistemas de alta velocidad, que brindan servicios de Telecomunicaciones a sus clientes, tales como de telefonía básica o celular, de transmisión de datos, de Televisión por Cable y de Internet, fue necesario contar con un sistema de monitoreo que supervise la red de fibra óptica a nivel físico, dado que es en ese medio, en donde se presentan los eventos de gran envergadura, cuando se corta o daña un cable de fibra óptica.

En el gráfico adjunto, se muestran la evolución de las averías en la red de enlaces de TdP a nivel Nacional.

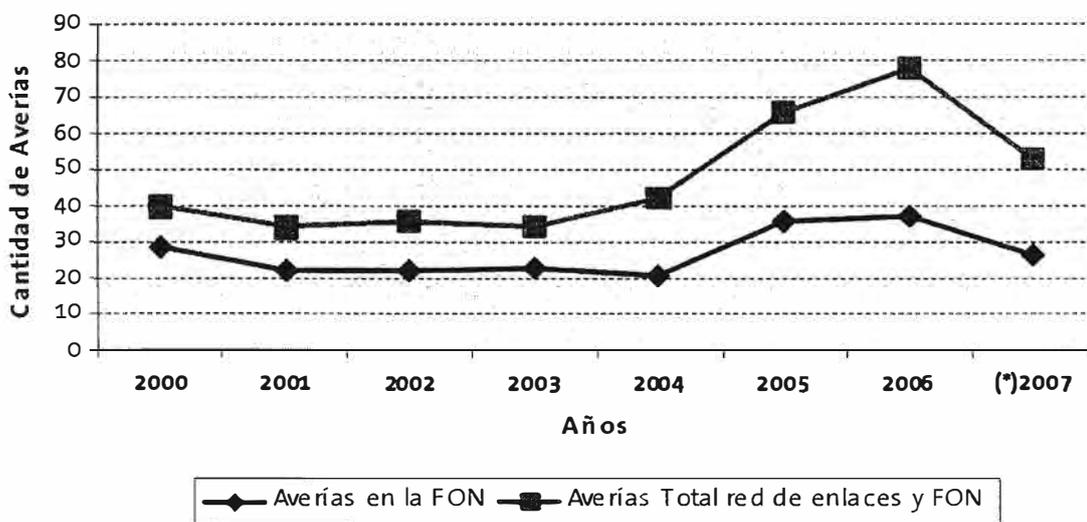


Fig. 1.6 Evolutivo de las redes de enlace de TdP

En los últimos años, se ha incrementado la cantidad de averías en la red. Un Sistema de Supervisión de Fibra Óptica (RFTS) permite la reducción de los tiempos de incomunicación de servicios afectados, aunque no va a eliminar los eventos en la red, puede reducirlos y prevenir las posibles averías, dependiendo de un óptimo diseño del sistema de monitoreo.

Las averías en las redes de fibra óptica, representa elevados costos de reparación para una empresa de Telecomunicaciones. En los gráficos siguientes, se muestran los evolutivos anuales de los gastos de reparación de las redes de enlaces de TdP y de los lucros cesantes por telefonía básica (ingresos que deja de percibir la empresa, por la interrupción de los servicios, en el periodo de la avería).

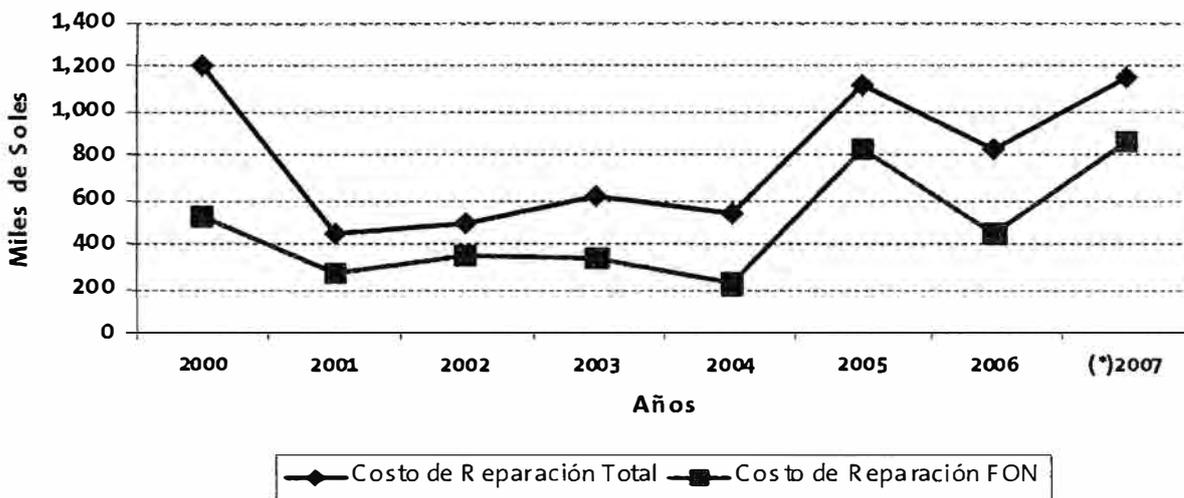


Fig. 1.7 Evolutivo de los costos de reparación de las redes de enlace

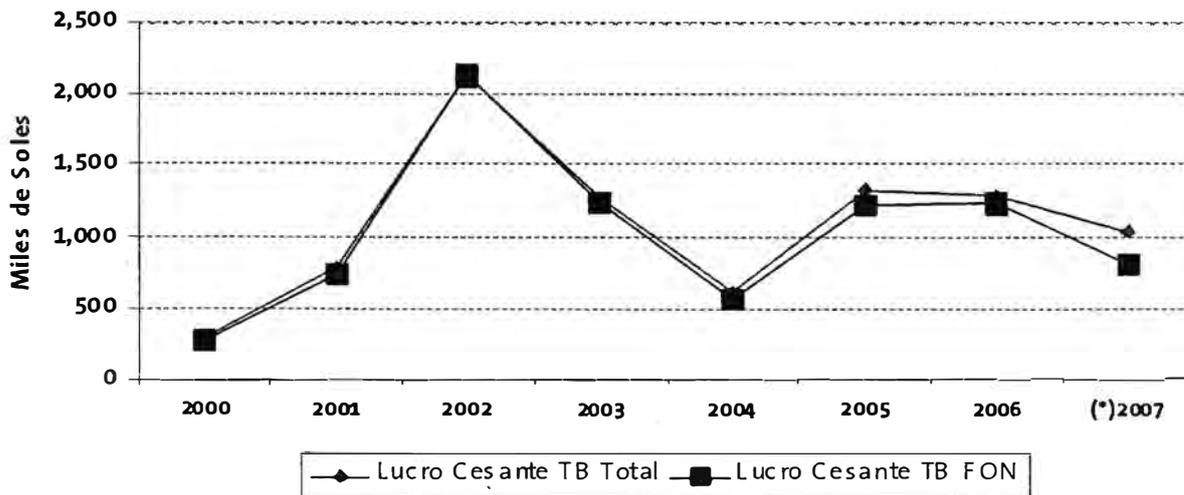


Fig. 1.8 Evolutivo de pérdidas por lucro cesante en las redes de enlace

(*) Julio 2007

El Sistema de Monitoreo o Supervisión Remota de Fibra Óptica, fue una solución viable para TdP, que permitió la reducción de los tiempos de ubicación y reparación de una avería en la red, con lo cual mejoró la calidad de servicio e imagen de la empresa ante sus clientes. Asimismo, se pudo controlar y reducir los tiempos de interrupción de circuitos arrendados a otras Operadoras, con las cuales TdP tiene Contratos SLAs (Service Level Agreement: Acuerdo de Nivel de Servicios). El incumplimiento de los tiempos de interrupción de los circuitos arrendados, estipulados en los Contratos, implicaría la aplicación de penalidades a TdP con elevados montos de multa, pudiendo ocasionar pérdidas significativas para la empresa.

El sistema se encuentra actualmente operativo y en óptimas condiciones de trabajo. La gestión de las alarmas del sistema está dentro de un proceso certificado del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001, extendida a Telefónica del Perú desde el año 2004. El proceso de gestión de alarmas del RFTS, está dentro de un proceso general de mantenimiento de la red de fibra óptica de TdP. El esquema general del proceso indicado, se detalla en el Anexo D.

Debido al constante cambio y evolución de la tecnología en el campo de las Telecomunicaciones, el Sistema de Supervisión de F.O. (RFTS) en TdP, se encuentra actualmente en un proceso de actualización y repotenciación, el cual se detallará en el capítulo V.

CAPÍTULO II

PLANEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA DE FIBRA ÓPTICA (RFTS)

2.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de la instalación de un Sistema de Monitoreo o Supervisión de Fibra Óptica en la red de Telefónica del Perú, es de controlar y gestionar la red de cables de fibra óptica, mediante un óptimo mantenimiento preventivo o correctivo, ante posibles fallos en la red, que puedan interrumpir los servicios de Telecomunicaciones, que cursan a través de este medio de alta velocidad y de gran capacidad de información, que es la fibra óptica.

El objetivo inicial del Sistema, es de monitorear la red principal de interconexión (Fibra Óptica Nacional) y las principales redes urbanas de fibra óptica, instaladas en todo el país.

La Fibra Óptica Nacional (FON) tiene una extensión de más de 3,600 Km. de cable de fibra óptica y las redes urbanas a nivel Nacional, suman más de 2,600 Km. Por lo tanto, el objetivo inicial para las dos redes, suman un total de más de 6,000 Km. de fibra óptica.

En una segunda fase, el Sistema de Supervisión completará el monitoreo de redes de enlaces no supervisadas y se ampliará a las redes de Distribución o Acceso (más de 1,600 Km. de F.O.) e incluirá las redes PON instaladas.

El Sistema permitirá una rápida respuesta a la atención de los fallos en la red (averías o incidencias), reduciendo los tiempos de reparación y de la ubicación de los fallos y por lo tanto, optimizará los recursos en el mantenimiento preventivo y correctivo de la planta.

Debido a la reducción de los tiempos indicados, el monitoreo de la red, permitirá mantener un alto performance de operatividad del medio físico de la fibra óptica, lo cual permitirá, obtener altos valores de ratios de disponibilidad de la red (mayor al 99.5 %); asegurando la continuidad de los servicios de Telecomunicaciones que brinda el medio óptico, tales

como servicios de telefonía (fija o celular), de datos, de Televisión por cable, de interconexión a otros operadores y de acceso de Internet.

Asimismo, estos objetivos del Sistema permitirá a Telefónica del Perú, mantener una buena imagen ante sus clientes externos, desde los clientes particulares (de servicios de telefonía básica, celular, CATV o acceso a Internet) hasta los grandes clientes (en servicios de datos de alta velocidad o de interconexión).

2.2 DESCRIPCIÓN DEL RFTS

El Sistema de Monitoreo o Supervisión Remota de Red de Fibra Óptica (conocido por sus siglas en inglés RFTS: *Remote Fiber Test System*), es aquel sistema capaz de realizar mediciones reflectométricas remotas sobre fibras ópticas claves (activas u oscuras) distribuidas a lo largo de una red de transmisión óptica; si los resultados de las mediciones realizadas no se ajustan a los valores esperados, el sistema reportará las respectivas alarmas y automáticamente notificará al personal encargado su existencia y la ubicación exacta de la misma.

Para tal fin el sistema cuenta con unidades remotas cuya función principal es la de realizar las mediciones reflectométricas sobre las fibras elegidas; estas mediciones y sus resultados son transmitidos al controlador del sistema (centro de operaciones) quien llevará un registro exhaustivo de los niveles, degradaciones y posibles alarmas de la red. Una interfaz gráfica (clientes) facilita al operador (u operadores) la obtención de gráficos, mapas, reportes, estadísticos y otorgará a este las facilidades de configuración para el monitoreo completo de la red.

La figura 2.1 muestra los puntos de la red en los que serían instalados los diversos componentes del sistema y los enlaces de comunicación entre cada uno de ellos. Las flechas dobles corresponden a los enlaces de comunicación entre los elementos, mientras que las flechas simples representan los caminos ópticos monitoreados.



Fig. 2.1 Esquema del Sistema

2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema se compone de tres partes: el controlador, las unidades remotas y las estaciones clientes.

2.3.1 El Controlador

Es el administrador del sistema quien tiene a su cargo el control de todas las unidades remotas; ordenando y recuperando la secuencia de mediciones que estas realizarán; asimismo, administra las alarmas, genera los avisos de averías, da seguimiento al proceso de reparación y por último mantiene al día la información de interés de la red óptica en una exhaustiva base de datos.

2.3.2 La Unidad Remota de Prueba

Es el elemento de red controlado remotamente, capaz de responder a los comandos enviados por el controlador y realizar las mediciones sobre las fibras ópticas a ser

monitoreadas. El término "remota" nace del hecho que estas se ubican en los centros de red elegidos los cuales se hallan distantes al centro de mantenimiento donde se ubicará el controlador.

La información recogida por las Unidades Remotas de un área de supervisión determinada se enviará al Controlador del Sistema del que dependen.

Las funciones básicas serán la medición programable y permanente de la planta supervisada de acuerdo a una secuencia establecida, la detección de faltas por comparación con trazas reflectométricas de referencia, y el envío de alarmas y medidas al Controlador del Sistema correspondiente. A su vez, toda Unidad Remota de Prueba estará constituida básicamente por una o más Unidades de Medida y por un Conmutador Óptico.

- **Unidad de medida**

Incluye el dispositivo de medidas reflectométricas, por medio del cual se obtiene el perfil de atenuación de las fibras monitoreadas, asimismo es el responsable de controlar al conmutador óptico, determinando a través de la programación almacenada, la secuencia de medidas en las fibras.

- **Conmutador Óptico**

Será el encargado de establecer una conexión óptica entre la Unidad de Medida y las fibras a monitorear, permitiendo así que una unidad de medida se pueda usar para monitorear un gran número de fibras.

2.3.3 Estaciones Clientes

Son las microcomputadoras que portan la interfaz gráfica de usuario a fin de que este, mediante el empleo de ventanas pueda visualizar los gráficos, alarmas, reportes y mapas propios del sistema, es decir toda la información contenida en la base de datos del controlador. Asimismo, en ellas residirán las herramientas necesarias para la creación y gestión de los mapas y esquemas de los tendidos de fibra óptica del plantel. La figura 1.4 muestra todos los elementos mencionados anteriormente.

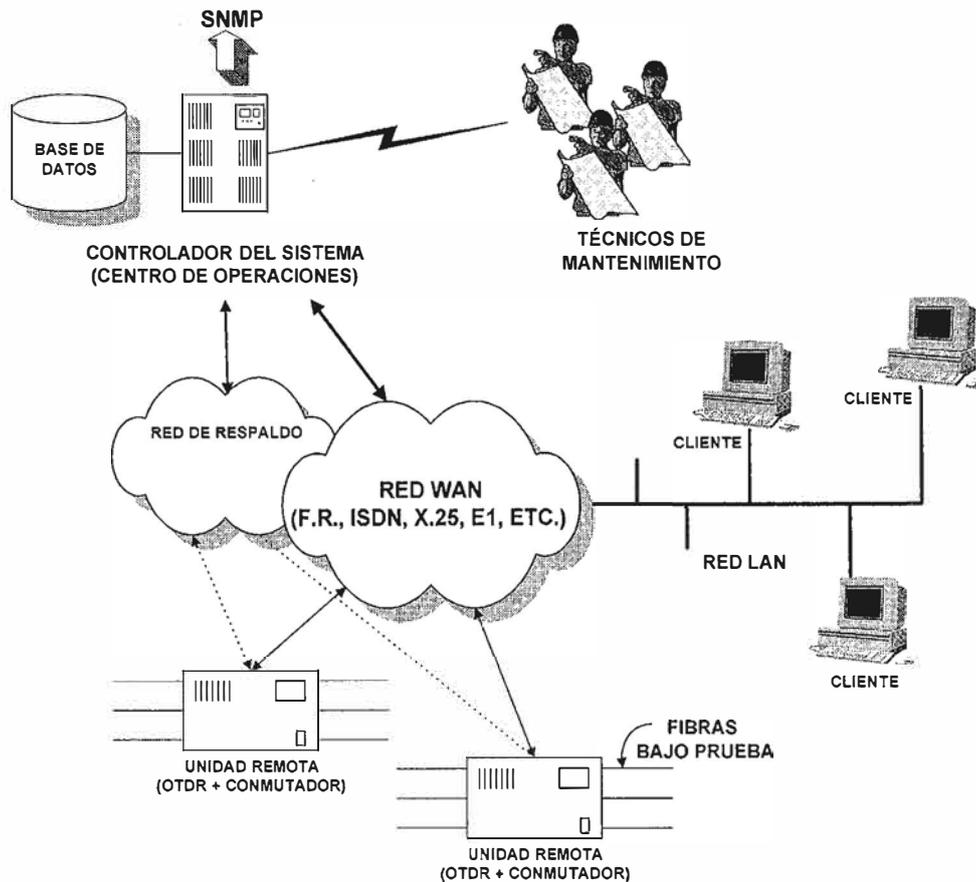


Fig. 2.2 Diagrama Gráfico de los Componentes del Sistema

2.4 FUNCIONALIDADES DEL RFTS

2.4.1 Monitoreo total de fibras

- El sistema monitoreará de manera automática, manual y de ambas formas la red de fibra óptica; integrando los procesos de medición, control, documentación y gestión del flujo de trabajo de mantenimiento; todo sobre la misma plataforma de aplicación.

- En su modo de operación automática el sistema monitoreará sin intervención del operario las fibras programadas para tal fin. Cuando alguna fibra óptica supervisada supere el umbral de atenuación programado, el sistema detectará la falla sin ser necesario ningún tipo de acción por parte del operador.

- Mientras que en el caso de su operación manual el sistema funcionará como un OTDR remoto permitiendo al personal adecuado realizar medidas sobre cualquiera de las fibras instaladas en el sistema; en este modo de operación el sistema no generará alarmas con las medidas realizadas.

2.4.2 Control Remoto Total

- El sistema debe permitir tomar control remoto total de las Unidades Remotas, permitiendo así configurar y operar las Unidades remotamente como si se estuviese in-situ.
- El sistema debe realizar pruebas sobre demanda, operando los módulos OTDR's y tomando trazos de referencia remotamente.
- El Sistema deberá estar basado en un ambiente cliente servidor, donde el número de clientes no será un factor limitante.

2.4.3 Pruebas continuas o programadas

- El sistema debe realizar pruebas sobre fibras seleccionadas por el usuario a intervalos de pruebas también seleccionados por el usuario, o en forma de monitoreo continuo.
- El sistema deberá poder monitorear indistintamente fibras sin tráfico (fibras oscuras) y fibras activas, que a su vez podrán ser monomodo, multimodo o fibras bajo configuraciones WDM o DWDM.

2.4.4 Modularidad

- El sistema debe ser modular para poder crecer conforme la red de fibra se expanda.
- Debe ser posible insertar módulos adicionales dentro de la Unidad Remota y controlar los módulos remotamente.

2.4.5 Interconexión de componentes del Sistema

- Los enlaces Controlador – Estaciones Clientes y Controlador – Unidades Remotas, han de ser conexiones TCP/IP sobre WAN, donde WAN en el caso de Telefónica del Perú serán conexiones X.25, ATM, ISDN, F.R., E1 y clientes "dial up".

2.4.6 Precisión en la ubicación de los fallos

- El sistema debe ubicar las fallas de manera precisa usando detallados mapas de la red y distancias físicas obtenidas de las trazas de las mediciones reflectométricas.

- Cuando la Unidad Remota detecta una falla, una alarma debe ser enviada junto con la distancia óptica de la misma al Controlador del Sistema.
- La ubicación física de la falla debe ser calculada y desplegada sobre el mapa con coordenadas geográficas exactas.

2.4.7 Mapeado de la Red

- Una cantidad significativa de información debe ser desplegada gráficamente a través del uso de un sistema de información geográfico (GIS). Debe mapearse la siguiente información:
 - Red de Fibra Óptica: en los niveles de fibra y cable.
 - Elementos flexibles de la red: empalmes, puntos pasantes, cámaras de registro, terminaciones de fibra, puntos de repartición o repartidores ópticos.
 - Estado u ocupación de las Fibras.
 - Estado de las Unidades Remotas
 - Ubicación de las Unidades Remotas
 - Alarmas visibles con sus coordenadas GPS y descripción respectiva del fallo.
 - Severidad de las alarmas.
- El Sistema deberá presentar los medios necesarios (hardware y software) que permitan la integración o importación de los mapas que dispone Telefónica del Perú. Sobre dichos mapas, el Sistema facilitará los medios para trazar el correcto tendido de fibra empleando para ello, entre otros medios, la información disponible de los sistemas GPS.
- El Sistema será capaz de relacionar las fallas que pudieran aparecer sobre el trayecto bajo supervisión, con su posición geográfica sobre el mapa detallado. Asimismo, el trazo de la medida reflectométrica deberá ser coherente con la información mostrada en los mapas. Dichos mapas deberán aceptar ser modelados a través de coordenadas GPS, además deberán poder imprimirse local y remotamente para ser usado como herramienta de trabajo por el personal de mantenimiento.
- El Sistema deberá ser capaz de vincularse con objetos externos: fotos, diagramas, dibujos, etc. Los mismos que podrán relacionarse con el tendido de la red. Esto a fin de facilitar la ubicación de una traza en particular y enriquecer la información sobre la red óptica.

2.4.8 Compatibilidad con TMN e Interfaz con un Sistema de Soporte a la Operación (OSS)

- La arquitectura del sistema ofrecido por el proveedor debe ser compatible con los estándares del sistema de gestión TMN a través de SNMP y Q3.
- El proveedor deberá proveer una Interfaz a un sistema de soporte a la operación (OSS) compatible con SNMP desde el Controlador del Sistema.
- La información de gestión SNMP (MIBs Management Information Base) deben soportar las siguientes funciones mínimas:
 - Prueba sobre demanda.
 - Todas las alarmas detalladas del Sistema.

2.4.9 Gestión de Alarmas

- Las alarmas deben ser almacenadas en una base de datos central en el Controlador del Sistema.
- Las alarmas deben ser transmitidas simultáneamente a través de un sistema de localización (pagers, pal), a teléfonos celulares del personal responsable, a correo electrónico o teléfonos PCS con protocolos estándar.

2.4.10 Mantenimiento Preventivo

- El sistema debe generar estadísticas completas de los cables y fibras.
- Las estadísticas deben ser disponibles desde las Estaciones Clientes.
- El sistema debe permitir definir diferentes umbrales para varios trayectos de monitoreo.

2.4.11 Herramientas de búsqueda de Base de Datos

- El sistema debe contar con una base de datos central, donde se registre información como elementos flexibles de la red y equipamiento, cables y fibras, sistema de información geográfica (GIS) y pruebas.

- El sistema debe usar interrogadores SQL y ayudas inteligentes e intuitivas (“wizard”) para realizar búsquedas de alarmas, inventario, estadísticas, y categorías de las trazas reflectométricas.

2.4.12 Pruebas de fibras en Servicio (Sin intrusión)

- El sistema debe realizar pruebas de fibras en servicio a través de mediciones fuera de la banda de transmisión en la long. de onda de 1625 nm.
- El sistema no deberá interferir con las longitudes de ondas 1310 nm y 1550 nm estándares para Telecomunicaciones mediante del uso de acopladores WDM y filtros pasantes en cada enlace a ser monitoreado.
- El sistema deberá permitir pruebas sin intrusión en cualquier trayecto de fibra y guardar los registros de configuración y prueba en la base de datos para su uso futuro.

2.5 ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

2.5.1 Controlador del Sistema

2.5.1.1 Hardware del Controlador

- El Controlador administra el sistema completo de monitoreo, y trabaja bajo la arquitectura cliente servidor.
- El Controlador deberá contar con una gran capacidad de almacenamiento suficiente para almacenar todos los datos referentes a la fibra monitoreada, así como la información geográfica (GIS).
- Características mínimas:
 - Procesador basado en Pentium.
 - RAM > 1 GB
 - Velocidad procesamiento > 800 MHz
 - Disco Duro > 80 GB, con arreglo de discos tipo RAID.
 - Monitor a color de 17 pulgadas.
 - Drive CD-ROM con velocidad > 48X, lector y grabador.
 - Puertos USB 2.0

- El Controlador será capaz de controlar al menos 40 Unidades Remotas.
- El Controlador deberá presentar la posibilidad de almacenar de manera masiva la información que Telefónica del Perú considere “antigua” en medios externos a él tal como discos compactos (CDs) u otro similar, de tal manera que cada periodo prolongado de tiempo se pueda liberar memoria del sistema.
- El sistema controlador debe satisfacer los criterios expuestos en la GR-63-CORE *"Network Equipment-Building System (NEBS) Requirements: Physical Protection (a Module of LSSGR, FR-64, TSGR, FR-440: and NEBSFR, FR2063)"* de *Telcordia Technologies*, en el ambiente donde será instalado. Estos criterios ambientales incluyen: (1) temperatura y humedad, (2) resistencia a la flama, (3) manipuleo del equipo, (4) sismos, vibración de oficina y vibración durante el transporte, (5) contaminantes ambientales, (6) ruido acústico, (7) iluminación.
- Alimentación: 220 VAC, 60Hz con una Unidad Protección de Sistema de energía (UPS), programable, on-line.

2.5.1.2 Software del Controlador

- Sistema operativo del Controlador desde Windows Server 2000 hasta LINUX Server.
- Base de datos relacional ORACLE, la misma que permitirá la realización de consultas en tiempo real tipo SQL.
- El sistema de información geográfico GIS debe estar preferiblemente en Map Info u otro compatible.
- Debe tener la capacidad de control automático (pre-programado) sobre cada uno de sus elementos (base datos, clientes y Unidades Remotas) y deberá actualizar permanentemente el estado de la red a través de rutinas de medición ininterrumpidas.
- El Controlador deberá contar con su propio mapa GIS vectorizado, y debe tener una arquitectura de base de datos abierta para permitir la conexión con otros mapas GIS vectorizados.

- Las trazas reflectométricas de referencia de todas las fibras monitoreadas serán almacenadas en la base de datos del Controlador, así como en cada Unidad Remota.
- El Sistema debe ser capaz de medir, comparar, detectar, almacenar, localizar y reportar, en tiempo real, un problema o degradación del enlace monitoreado. Estos eventos serán enviados inmediatamente al Controlador, donde se debe desplegar un informe completo del estado de esas fallas en tiempo real.

2.5.2 Unidad Remota de Prueba

2.5.2.1 Hardware de la Unidad Remota

- La Unidad Remota tendrá estructura modular. Todos sus módulos tendrán las medidas adecuadas para ser instalados en bastidores normalizados de 19 pulgadas.
- Todas las Unidades Remotas poseerán un panel visual externa de alarmas asociado para indicar los problemas de hardware, software y alimentación.
- Todos los conectores ópticos que se usarán para interconectar el sistema con las fibras ópticas a supervisar, como los de fibras para intercomunicación entre módulos del sistema y los de los WDM y filtros serán del tipo FC/UPC.
- La Unidad Remota debe presentar entradas de alarmas externas provenientes de los equipos de transmisión asociados a las fibras supervisadas, las que deberán en caso de activarse variar la secuencia normal de medición en las fibras conectadas a él a fin de que el sistema pueda realizar mediciones precisas sobre los enlaces afectados. Para tal fin se prevé un mínimo de 8 entradas TTL por cada unidad remota.
- La Unidad Remota deberá operar de manera local a solicitud del operario autorizado, tal como si este estuviera operando un OTDR de campo. Dicho modo de operación podrá realizarlo por sí misma o con la ayuda de un computador portátil de campo.
- La Unidad Remota deberá poseer indicadores visuales que indiquen su estado de funcionamiento, los mismos que señalarán al menos lo siguiente:
 - Condición de alimentación.
 - Láser en funcionamiento.

- Comunicación con el Controlador establecida o no.
 - Existencia de alguna alarma de fibra o de hardware Urgente o No Urgente.
- La Unidad Remota trabajará sobre la base de dos módulos principales:
- Módulo de Conmutadores Ópticos, y
 - Módulo de Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR).
- Los Conmutadores Ópticos irán alternando la conexión OTDR - Fibra bajo prueba, a fin de que el módulo OTDR pueda ser empleado para la medición de varias fibras.
- La Unidad Remota de Prueba deberá actuar indistintamente sobre fibras no activas (oscuras – sin tráfico) y activas (con tráfico). Para la medición de fibras activas se utilizarán WDM y Filtros Pasabanda adecuados como elementos ópticos adicionales para inyectar y extraer la señal de supervisión, y no interferir con el tráfico transportado por el sistema de transmisión, en este caso se empleará una longitud de onda de 1625nm. En el caso de la medición sobre fibras no activas (oscuras) se empleará la longitud de onda de 1550nm. Tal como se muestra en la figura 2.3

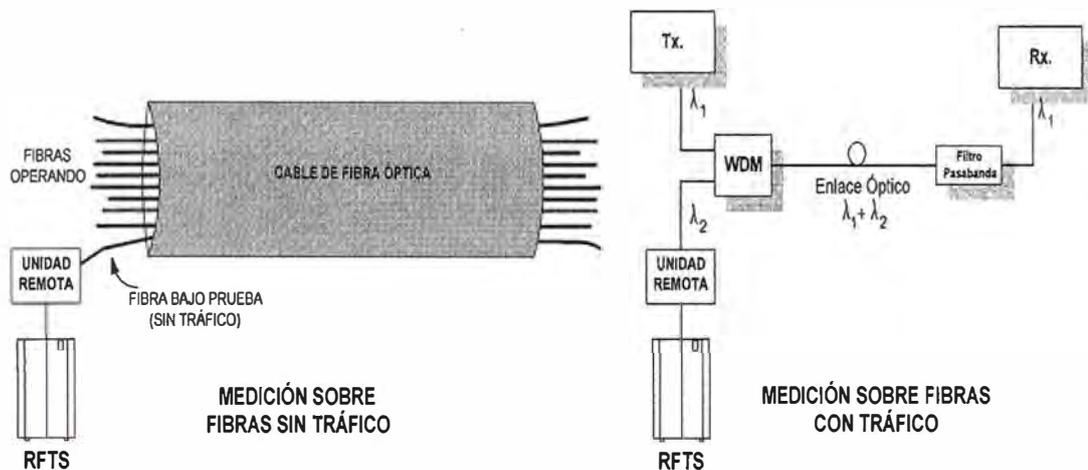


Fig. 2.3 Medición en fibras ópticas sin tráfico y con tráfico

- Como la capacidad de procesamiento de la Unidad Remota se basa en un módulo de microcomputador, ésta última debe cumplir las siguientes condiciones mínimas:
- Procesador basado en Pentium
 - Velocidad procesamiento > 400 MHz
 - Disco Duro > 10 GB
 - RAM mínimo 256 MB

- Requisitos ambientales mínimos:
 - Temperatura entre 0° a 50°C
 - Humedad 95% sin condensación

- Alimentación: Corriente directa – 48 VDC

2.5.2.2 Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)

- El módulo OTDR para las mediciones de fibras no activas u oscuras operará con longitud de onda de 1550 nm y para las mediciones de fibras activas con longitud de onda de 1625 nm. con un ancho espectral $\leq \pm 15$ nm.

- El OTDR debe cumplir con los rangos dinámicos de 25dB a 32dB, de 33dB a 39dB y de 40dB a 45dB (rango dinámico RMS/ relación señal / ruido = 1, con ancho de pulso 10 μ s y tiempo de adquisición de 3 minutos).

- Precisión en la medición de distancias:
 - Error de OffSet $< \pm 2$ mt
 - Error de escala $< \pm 10^{-4}$

- Exactitud en las mediciones de:
 - Pérdidas $< \pm 0,1$ Db
 - Coeficiente de atenuación $< \pm 0,05$ dB
 - Pérdidas de retorno $< \pm 4$ dB

- Zona muerta:
 - Inicial < 20 m
 - Por evento < 8 m (medidos a 1,5 dB por debajo del pico reflectivo no saturable).

2.5.2.3 Conmutadores Ópticos

- El conmutador óptico presente en la Unidad Remota deberá poder ser intercambiable adecuándose este a la concentración futura de fibras a supervisar que Telefónica del Perú demande.

- Los conmutadores ópticos han de suministrarse con salidas múltiples de 4.

- Cada uno de los puertos de los conmutadores ópticos se diseñarán de forma que estén protegidos contra la entrada de polvo cuando no estén ocupados por fibras ópticas y estarán contruidos de forma que sean de fácil limpieza.
- Especificaciones mínimas:
 - Mínimo 4 salidas ópticas y ampliable en múltiplos de 4.
 - Tiempo de vida útil $\geq 10\ 000\ 000$ ciclos
 - Pérdida de inserción 1,5 dB máximo (incluye pérdida de conectores).
 - Pérdida de retorno entrada y salida ≥ 40 dB
 - Tiempo de conmutación entre puertos de adyacentes < 30 mseg / canal.
 - Diafonía entre canales $\leq - 80$ dB
 - Repetibilidad $\leq 0,03$ dB

2.5.2.4 Software de la Unidad Remota

- El enlace de comunicaciones entre el Controlador del Sistema y las Unidades de Remotas deberá presentar respaldo, el mismo que se habilitará automáticamente en caso de falla del enlace principal. Una vez que se halla restablecido el enlace principal el sistema deberá ser capaz de regresar a este en forma automática.
- Deberá permitir recarga de software (telecarga de nuevo software) a través de su conexión con el controlador del sistema.
- La Unidad Remota será capaz de analizar las trazas reflectométricas obtenidas detectando todos los eventos ópticos presentes en ella de manera automática sobre la base de umbrales programados por el operador, los que podrían ser o no individuales para cada fibra. Asimismo, esta unidad almacenará las trazas de referencia de cada fibra a supervisar a fin de poder compararlas rápidamente con mediciones automáticas programadas para esa unidad. El producto de la comparación devendrá en la alarma correspondiente si es que la medición ha igualado o excedido un umbral de mantenimiento predictivo o un umbral máximo.
- La Unidad Remota realizará autochequeos con el fin de verificar el correcto funcionamiento de los Conmutadores Ópticos asociados a ellas.
- En caso falle el enlace de comunicaciones entre el Controlador del Sistema y la Unidad Remota, esta última deberá reportar la avería mediante la Red Telefónica

Conmutada (RTC) llamando a los teléfonos celulares o beepers del personal responsable con mensajes preestablecido en el Sistema.

2.5.3 Estación Cliente

2.5.3.1 Hardware de la Estación Cliente

- Estación Cliente tipo microcomputador portátil con las siguientes características básicas:
 - Procesador basado en Pentium
 - RAM > 512 MB
 - Velocidad procesamiento > 800 MHz
 - Disco Duro > 20 GB
 - Tarjeta de Red Fast Ethernet 10/100 MB (conector tipo RJ-45 UTP)
 - Drive CD-ROM

2.5.3.2 Software de la Estación Cliente

- El sistema operativo de las Estaciones Clientes debe ser Windows 2000 o XP, el cual debe ser compatible con el sistema operativo del Controlador del Sistema.
- Las estaciones serán los elementos de red que soportarán la interfaz gráfica de usuario y por lo tanto será el medio por el cual el o los operadores del sistema ingresarán y/o consultarán los datos de interés.
- Las Estaciones Clientes mostrarán el estado de las alarmas del Sistema, permitirá el control e inventario de las Unidades Remotas, así como la gestión y control de las rutas de supervisión asociadas a cada Unidad Remota.
- Las Estaciones Clientes mostrarán el interfaz gráfico de las rutas de supervisión, asociadas al GIS de la zona de cobertura de la Unidad Remota.
- Por la Estación Cliente, los usuarios u operadores del Sistema podrán tomar control remoto de las Unidades Remotas, para efecto de control, gestión o configuración del equipo.

- A través de la Estación Cliente, se configurarán los diferentes niveles de usuarios, tales como administrador, supervisor u operador.

2.5.4 Elementos Accesorios

2.5.4.1 Multiplexores de Longitud de Onda

- Características básicas:

Tabla 2.1 Características técnicas de un WDM

	Aislamiento Normal (dB)	Alta Aislamiento (dB)	Muy Alta Aislamiento (dB)
Pérdida de Inserción	0,8	1,2	1,5
Aislamiento	15	30	45
Directividad	55	55	55
Pérdida de Retorno	> 45	> 45	> 45

2.5.4.2 Filtros Ópticos

- Características básicas:
 - Pérdida de inserción en la bande de trabajo < 1 dB
 - Rechazo de la banda a eliminar mínimo 40 dB

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA DE FIBRA ÓPTICA (RFTS)

3.1 DISEÑO DEL RFTS EN TdP

De acuerdo a los objetivos del proyecto, el Sistema está orientado a la supervisión o monitoreo de la Red Nacional de TdP (Fibra Óptica Nacional) y de las redes de enlaces o urbanas de las principales ciudades del país.

Dada la variada infraestructura de la red y de la ubicación de los diferentes elementos de planta, así como de las Oficinas Centrales, Nodos o Centros de Alambre; para el diseño del Sistema, se tuvo como base las siguientes premisas.

Premisas del diseño:

- 3.1.1** El rango dinámico de un OTDR de largo alcance de 40 a 42 dB (long haul), de acuerdo a la infraestructura y características de la red de fibra óptica de TdP, permite el monitoreo hasta distancias máximas de 120 a 140 Km. de fibra óptica.
- 3.1.2** Existen Centrales o Nodos de alambre en la Fibra Óptica Nacional, separados en un promedio de 90 a 100 Km. de distancia, solo existen pocos casos con separaciones hasta de 140 a 150 Km. De acuerdo a esto, se colocará una Unidad Remota de Prueba (RTU) cada 02 ó 03 Centrales o Centros de Alambre, para que el monitoreo sea en ambos sentidos, y logre cubrir toda la extensión de la red de cables de fibra óptica.
- 3.1.3** Se monitorea una fibra o dos por cable de fibra óptica. El cable y sus fibras ópticas en su interior, son vulnerables a los daños externos. Más del 98% de las averías de fibra óptica, son por el corte o rotura total del cable. Son muy pocos los casos, de averías por atenuación o corte parcial del cable.
- 3.1.4** En esta primera etapa, el monitoreo de la red será en fibras oscuras (fibras libres), solo en caso de cables saturados, se realizará el monitoreo en fibras en servicio.

- 3.1.5 Para el monitoreo de las redes de enlaces urbanas, la fibra o fibras de supervisión, interconectará varios cables de enlace, con puentes o jumpers ópticos en los Repartidores Ópticos (ODF's) de las Centrales o Centros de Alambre, a fin de cubrir la mayor cantidad de rutas de monitoreo.
- 3.1.6 Las Unidades Remotas (RTUs) con mayor capacidad de monitoreo (con conmutadores ópticos hasta de 12 puertos), serán instalados en Centrales o Centros de Alambre, con mayor cantidad de cables de fibra óptica.
- 3.1.7 Para el caso del monitoreo de rutas muy extensas (más de 140 Km.), se colocará las 02 RTUs en ambos extremos de la ruta, de tal manera, que el monitoreo de ambos equipos se solapen o intercepten, a fin de cubrir toda la ruta de supervisión.
- 3.1.8 La comunicación de los diferentes elementos del Sistema de Supervisión (Unidades Remotas de Prueba con el Servidor Central), será principalmente a través de la red LAN / WAN de TdP. En caso que no existiera puntos de red en alguna Central o Centro de Alambre, la comunicación será a través de la Red Telefónica Conmutada (RTC).
- 3.1.9 La asignación de los E1's o Circuitos Digitales (CD) para la comunicación de las RTU's y el Servidor del Sistema, deberán estar respaldados con sistemas de radio-enlace (principalmente para la Fibra Óptica Nacional) u otro medio alternativo de transmisión (anillos SDH u otros), para las redes de enlaces urbanas.

Perfil Final del Diseño del RFTS

- 3.1.10 Con los valores de longitudes y atenuaciones totales de los cables a monitorear de TdP, se determinó un total de 19 Unidades Remotas de Prueba (RTUs) distribuidas estratégicamente a nivel Nacional. El cálculo por zonas geográfica de las RTUs se muestran en los siguientes esquemáticos:

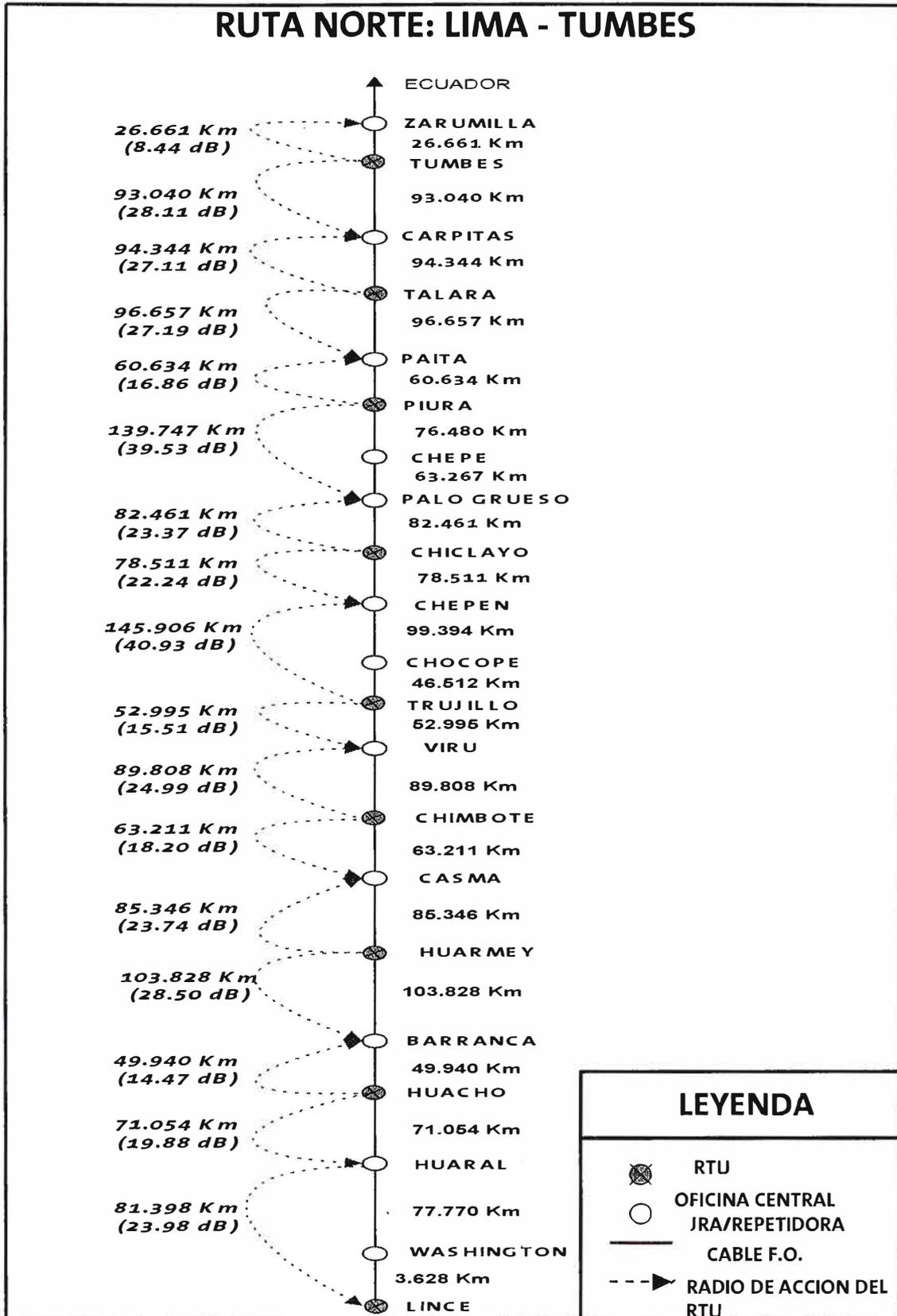


Fig. 3.1 Esquemático de la instalación de RTUs ruta norte

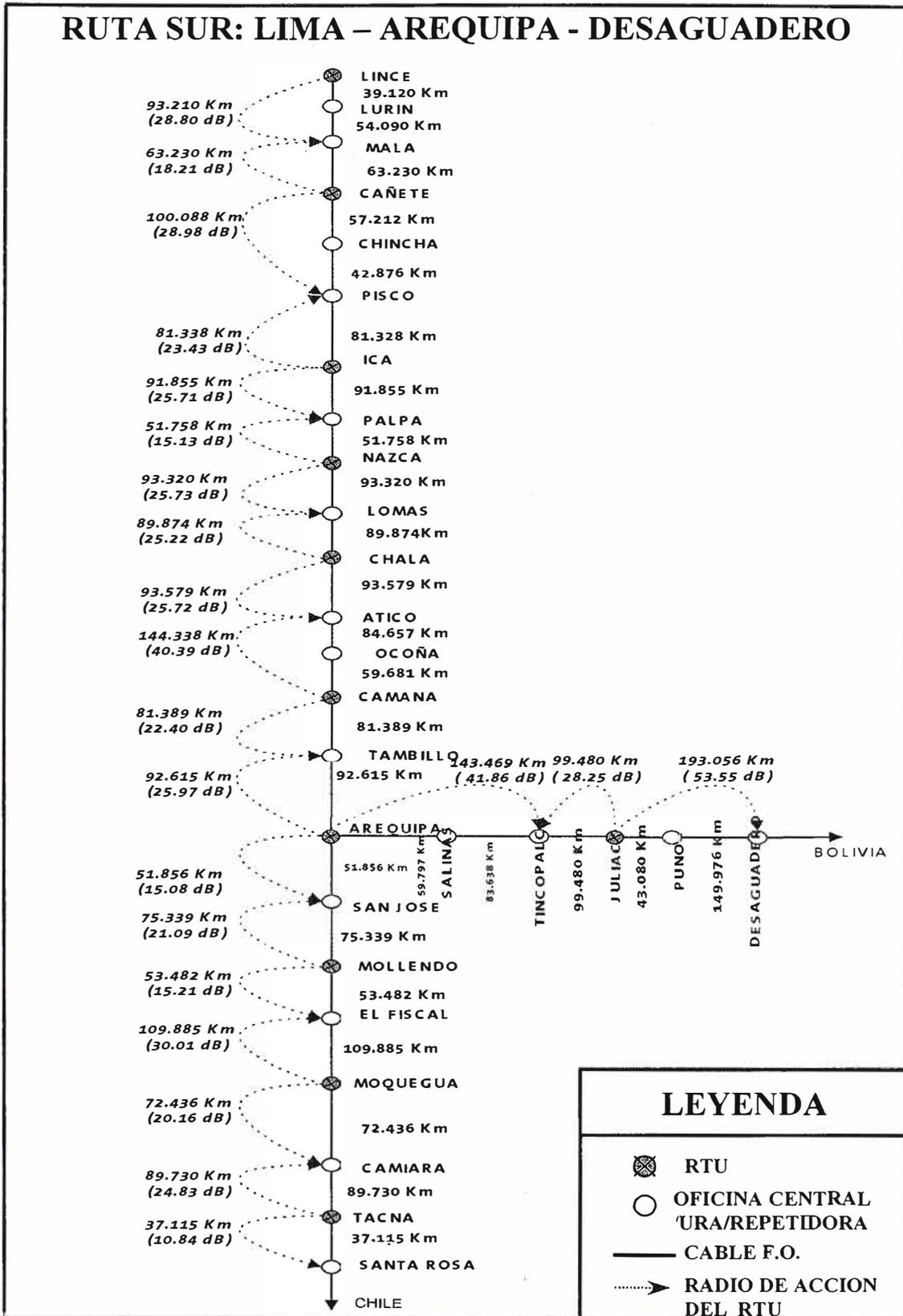


Fig. 3.2 Esquemático de la instalación de RTUs ruta sur

3.1.11 Se determinó la ubicación física de las RTUs y se configuró las diferentes rutas de supervisión por cada Unidad Remota.

Tabla 3.1 Cables y asignación de fibras para la instalación de las RTUs

RTU	CABLES	CANT. CABLES	N° ODF	ASIGNACION DE FIBRAS	N° FIBRAS	OBSERVACIONES
TUMBES	TUMBES - ZARUMILLA 24 F.O. TUMBES - CARPITAS 24 F.O.	2	ODF1	16, 17 16, 17	4	
TALARA	TALARA - CARPITAS 24 F.O. TALARA - PAITA 24 F.O. TALARA - NEGREIROS 8 F.O.	3	ODF1	16 16, 21 8	4	Fibra 21, corresponde al entrq. N. Pueblo Colán - Talara
PIURA	PIURA - PAITA 24 F.O. PIURA - CHEPE 24 F.O. PIURA - CASTILLA 12 F.O. PIURA - ALBORADA 12 F.O.	4	ODF1	12, 13 4, 5, 21 8 11, 12	8	Puente Optico en Chepe: Chepe - Piura 4,5 <---> Chepe - P. Grueso 16,17 Fibra 21, corresponde al entrq. Catacaos - Piura
CHICLAYO	CHICLAYO - PALO GRUESO 24 F.O. CHICLAYO - CHEPEN 24 F.O. CHICLAYO - LEGUIA 12FO CHICLAYO - CAB L. ORTIZ 12FO CHICLAYO - CAB L. ORTIZ 24 FO CHICLAYO - LA VICTORIA 12 F.O. CHICLAYO - QUIÑONES 12FO	7	ODF1	16, 17 16, 17 7 9 16 9 3, 4	10	
TRUJILLO	TRUJILLO - CHOCOPE 24 F.O. TRUJILLO - VIRU 24 F.O. TRUJILLO - LA FLORES 6 F.O. TRUJILLO - LA ESPERANZA 6 F.O. TX1P - SDH 2 P 48FO TRUJILLO - AEROPUERTO 24 F.O.	6	ODF1	16,17, 18,19 11,12 5 1 23, 24 4, 18	12	Fibra 18, corresponde al entrq. Cartavio - Trujillo Puentes Opticos en Chocope: Chocope - Trujillo 16,17 <---> Chocope - Chepen 16,17
CHIMBOTE	CHIMBOTE - VIRU 12 F.O. CHIMBOTE - CASMA 12 F.O. *CHIMBOTE - E. MEIGGS *CHIMBOTE - BUENOS AIRES	4	ODF VERTICAL ODF VERTICAL ODF 1 ODF 1	5, 6 7, 8 9 9, 10	7	
HUARMEY	HUARMEY - CASMA 12 F.O. HUARMEY - BARRANCA 12 F.O.	2	ODF VERTICAL	7, 8 7, 8	4	
HUACHO	HUACHO - BARRANCA 12 F.O. HUACHO - HUARAL 12 F.O.	2	ODF VERTICAL	11, 12 11, 12	4	
LINCE	LINCE - LURIN 24FO LINCE - SAN ISIDRO 64FO LINCE - WASHINGTON 64FO L1 TX - SDH 48 F.O. LINCE - MAGDALENA 64 F.O.	5	ODF1	7,8, 13,14 61, 62 15, 16 43, 44 25, 26	12	
CANETE	CANETE - MALA 24 F.O. CANETE - CHINCHA ALTA 24 F.O.	2	ODF VERTICAL	12, 13 16, 17	4	Puentes Opticos en Chincha: Chincha - Cañete 16,17 <---> Chincha - Pisco 16,17
ICA	ICA - PISCO 24 F.O. ICA - PALPA 24 F.O. ICA - PARCONA 12 F.O. ICA - LA ANGOSTURA 12 F.O.	4	ODF VERTICAL ODF VERTICAL ODF1 ODF1	16, 17, 18, 24 16, 17, 24 5 5	9	Fibra 24, corresponde al entrq. Subtanjalla - Ica Fibra 24, corresponde al entrq. Santiago - Ica
NAZCA	NAZCA - PALPA 24 F.O. NAZCA - LOMAS 24 F.O.	2	ODF VERTICAL	16, 17 16, 24	4	Fibra 24, corresponde al entrq. Marcona - Nazca
CHALA	CHALA - LOMAS 24 F.O. CHALA - ATICO 24 F.O. CHALA - CHALA PUEBLO 12 F.O.	3	ODF VERTICAL ODF VERTICAL ODF1	15, 21 12 8	4	Fibra 21, corresponde al entrq. Atiquipa - Chala
CAMANA	CAMANA - OCOÑA - ATICO 24 F.O. CAMANA - TAMBILLO 24 F.O.	2	ODF VERTICAL	12, 13 16, 17	4	Puentes Opticos en Ocoña: Ocoña - Camana 12, 13 <---> Ocoña - Atico 12, 13
AREQUIPA	AREQUIPA - TAMBILLO 24 F.O. AREQUIPA - SAN JOSE 24 F.O. AREQUIPA - SALINAS 24 F.O. AREQUIPA - CAYMA 24FO AREQUIPA - MELGAR 24FO	5	ODF1	16, 17 16, 17 16, 17 5,6,7 15,16,19	12	Puentes Opticos en Salinas: Salinas - Arequipa 16, 17 <---> Salinas - Tincopaca 16, 17
MOLLENDO	MOLLENDO - SAN JOSE 24 F.O. MOLLENDO - EL FISCAL 24 F.O.	2	ODF 1	16, 17 16, 17	4	
MOQUEGUA	MOQUEGUA - EL FISCAL 24 F.O. MOQUEGUA - CAMIARA 24 F.O.	2	ODF1	16, 17 16, 24	4	Fibra 24, corresponde al entrq. Ilo - Moquegua
TACNA	TACNA - CAMIARA 24 F.O. TACNA - SANTA ROSA 24 F.O. TACNA - NATIVIDAD 24 F.O. TACNA - PARAS 24 F.O.	4	ODF1	12, 13, 24 16, 17, 21 8, 16 8, 16	10	Fibra 24, corresponde al entrq. Las Yaras - Tacna fibra 21, corresponde al entq. Habitat - Tacna Fibra 16, corresponde al entrq. Ciudad Nueva - Tacna Fibra 16, corresponde al entrq. Cono Sur - Tacna
JULIACA	JULIACA - TINCOPALCA 24 F.O. JULIACA - PUNO 24 F.O.	2	ODF1 ODF1	16, 17 8, 9	4	Puente Optico en Puno: Puno - Juliaca 8,9 <---> Puno - Desaguadero 8,9
		63			124	

(*) Instalación de cables en Proyecto.

3.1.12 De acuerdo a las instalaciones e infraestructura de cada Central o Centro de Alambre, se determinó para cada RTU el tipo de acceso a la red de TdP, para la comunicación de estas Unidades Remotas con el Servidor del Sistema. Se configuró un total de 17 RTUs con acceso a la red LAN / WAN y 02 RTUs con acceso a la RTC.

Acceso del RFTS a la red de Telefónica del Perú:

**RFTS - TDP WAN Integration
as per the final installation by EXFO**

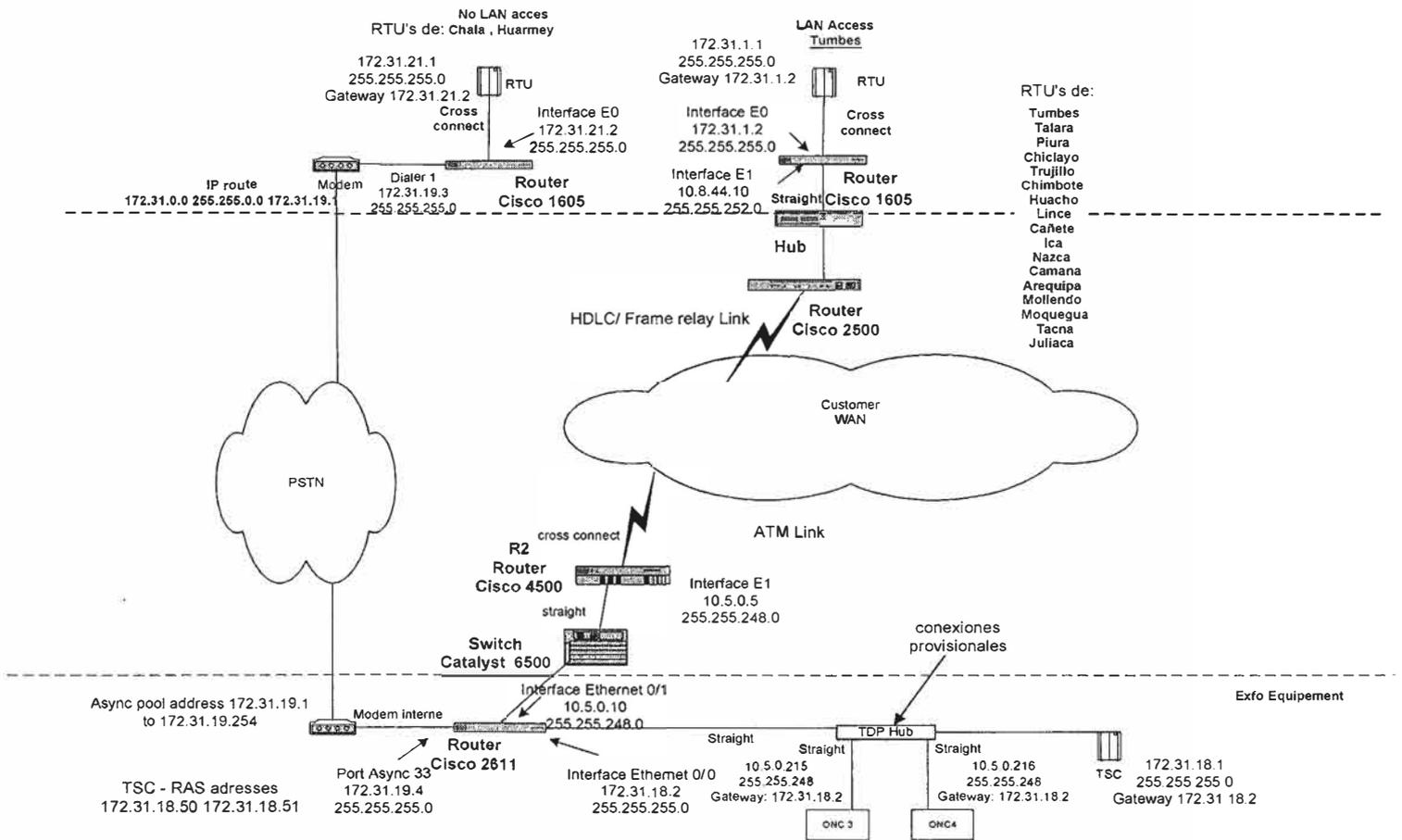


Fig. 3.3 Esquema del acceso del RFTS a la red LAN/WAN y RTC de TdP

3.1.13 El acceso de los elementos del RFTS (Servidor, Estaciones Clientes y RTUs), es a través de una VPN (red privada virtual) dentro de la red LAN / WAN de TdP (red corporativa), para lo cual, estos elementos se interconectan mediante routers.

3.2 INSTALACIÓN DEL RFTS EN TdP

El Sistema está diseñado principalmente para trabajar en fibras sin servicio (fibras oscuras) y asimismo, se implementará un enlace piloto, para el monitoreo de una fibra en servicio (con tráfico).

Los diferentes componentes y accesorios para la instalación de una Unidad Remota de Prueba, se detallan en los siguientes numerales.

3.2.1 Instalación física de una RTU

Cada unidad de RTU está instalada dentro de un gabinete cerrado, según las dimensiones que se muestran en el esquema.

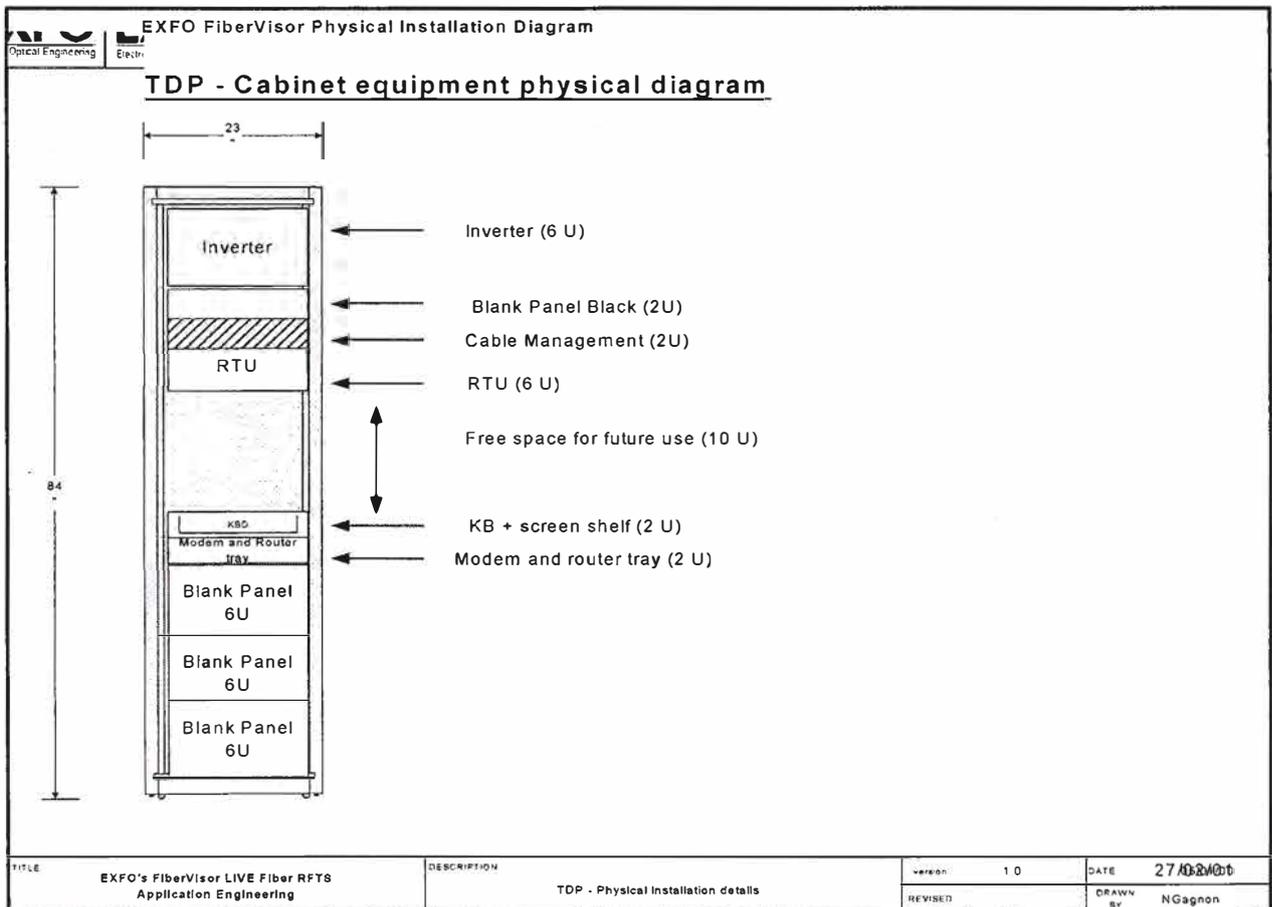


Fig. 3.4 Diagrama del equipamiento de la RTU

3.2.2 Cableado de la RTU

La Unidad Remota de Prueba (RTU) está conectada a una Alimentación estabilizada y rectificadora de la Oficina Central, de -48 VDC y para su funcionamiento y operación tiene los siguientes accesorios o elementos siguientes:

- Inversor DC/AC, el cual convierte la alimentación de -48 VDC a 110 VAC, tensión que trabaja la RTU.
- Watchdog, elemento que reinicializa (restarted) la RTU, cada 24 horas, de acuerdo a la configuración de horario, establecida en el Sistema.
- Router, dispositivo de red que permite el acceso de la RTU a la red LAN / WAN de TdP, mediante una configuración VPN (red privada virtual).
- Modem externo, dispositivo para el acceso de la RTU a las Red Telefónica Conmutada (RTC) de TdP.

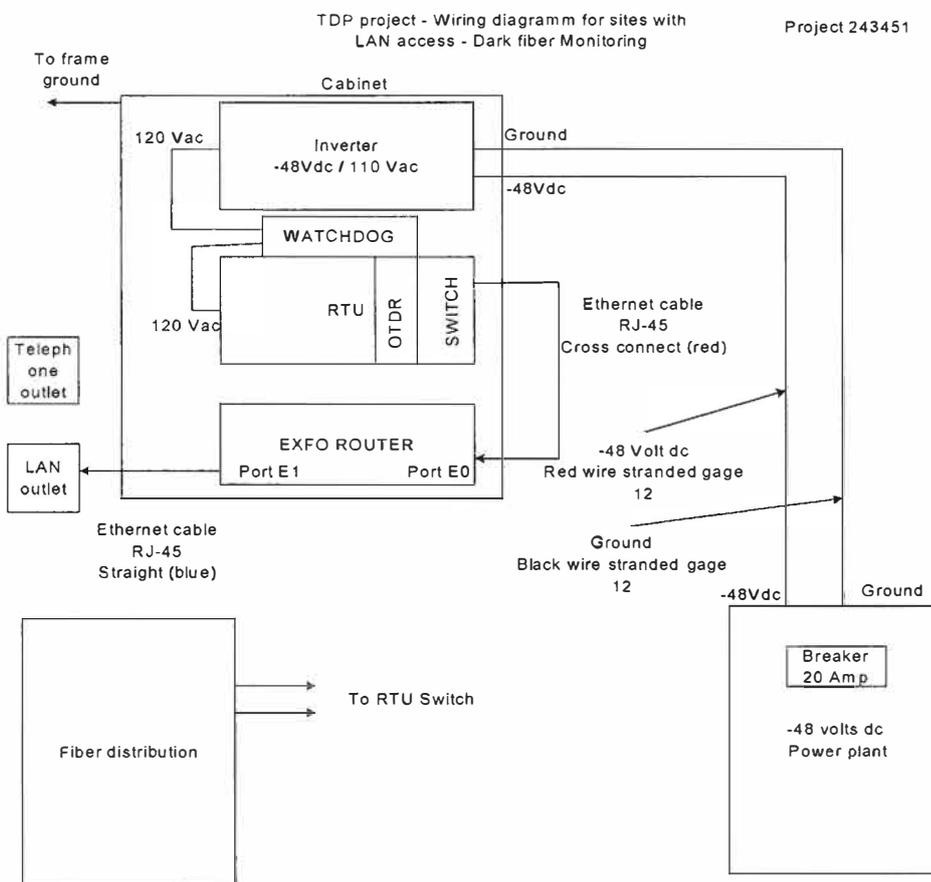


Fig. 3.5 Diagrama de ubicación de la RTU con acceso a la red corporativa (LAN/WAN)

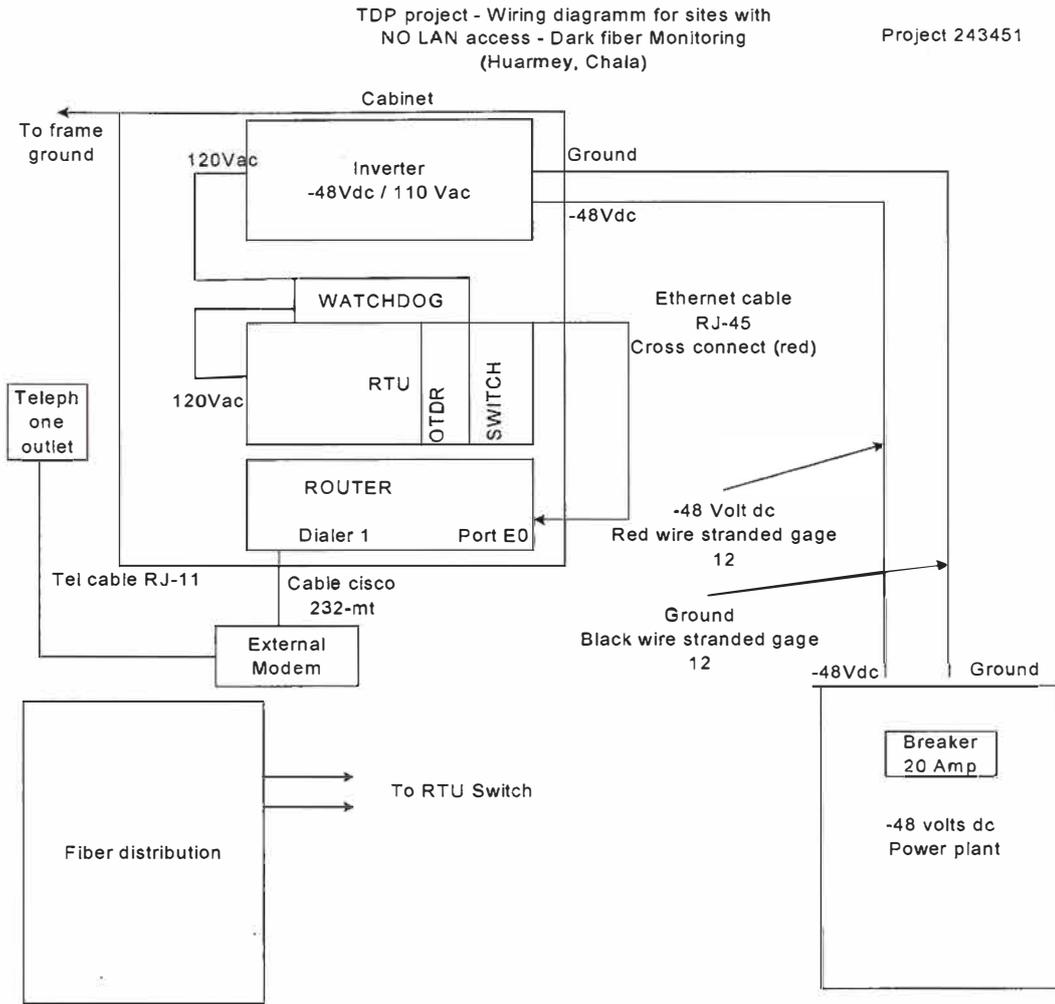


Fig. 3.6 Diagrama de ubicación de la RTU sin acceso a la red corporativa (LAN/WAN)

3.2.3 Conexión de la fibra de supervisión

El esquema muestra la instalación de los elementos para la supervisión de una fibra activa y una fibra oscura (fibra libre) entre dos RTUs, separadas entre 04 Centrales.

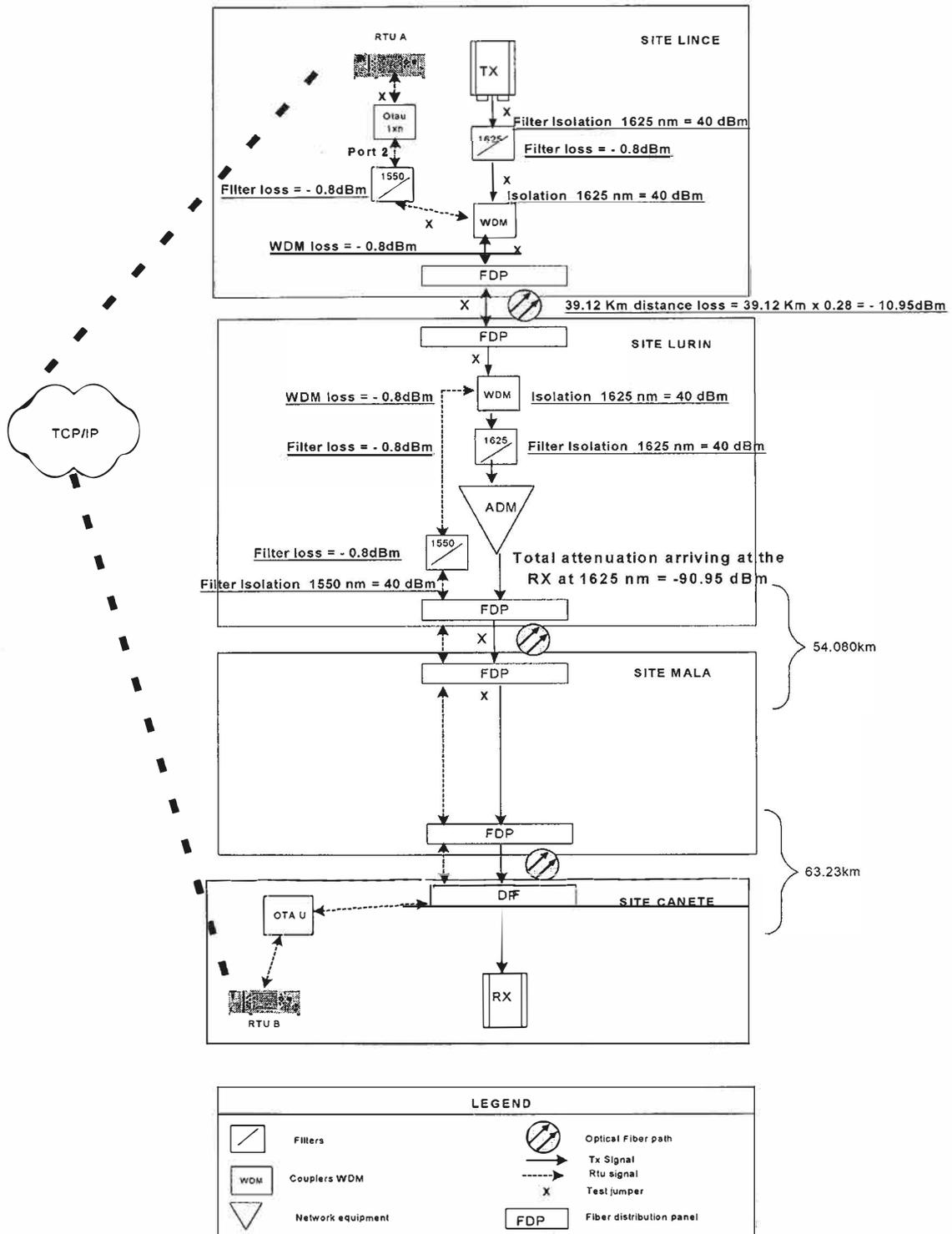


Fig. 3.7 Esquema de instalación de una fibra de supervisión

En los siguientes esquemáticos se detallan las conexiones de los acopladores WDM y filtros, para la instalación de la fibra de supervisión activa, las 02 Centrales que comprende la fibra en servicio.

Ubicación en la O.C. Lince (Lima)

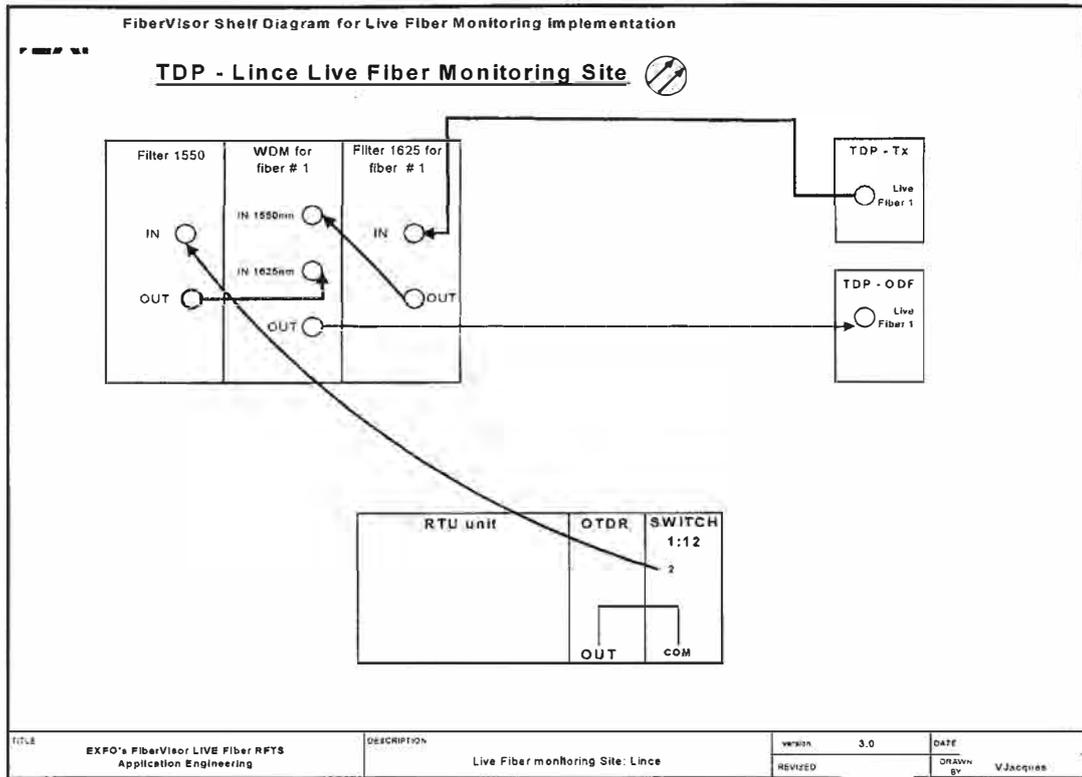


Fig. 3.8 Diagrama de instalación para el monitoreo de fibra activa – O.C. Lince

Ubicación en la Estación Terrena de Lurín

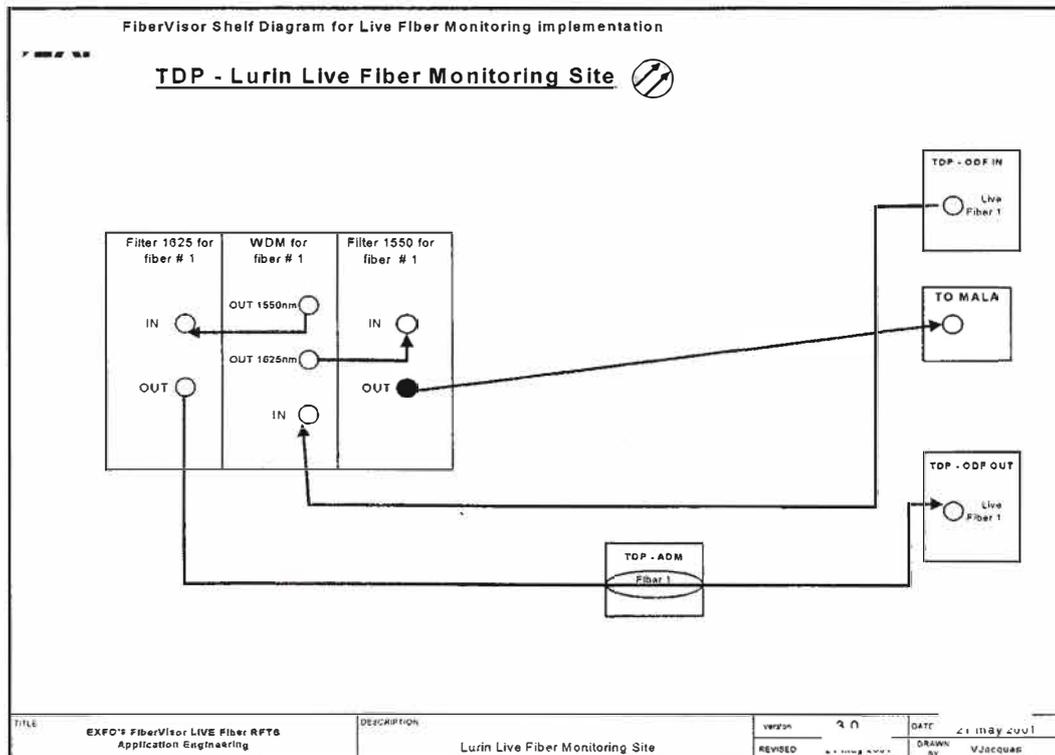


Fig. 3.9 Diagrama de instalación para el monitoreo de fibra activa – O.C. Lurín

3.2.4 Elementos del RFTS instalados en TdP

La instalación comprende básicamente de los siguientes elementos:

- 01 Controlador del Sistema (TSC)
- 19 Unidades Remotas de Prueba (RTU's)
- 04 Estaciones Clientes (ONC's), de las cuales 02 en Lima y las 02 restantes en Arequipa y Trujillo.

Las 19 RTUs serán instaladas en diferentes lugares estratégicos del país, de acuerdo al diseño establecido.

EQUIPAMIENTO:

Módulos OTDR:

- 18 unidades a 1550 nm de longitud de onda.
- 01 unidad de 1625/1550 nm de long. de onda (para la supervisión de la fibra en servicio).

Rangos dinámicos:

09 módulos OTDRs de 40 dB

09 módulos OTDRs de 42 dB

01 módulo OTDR de 40/42 dB (1625/1550 nm)

Conmutadores Ópticos:

11 conmutadores ópticos de 1x4 puertos

08 conmutadores ópticos de 1x12 puertos

Asimismo, de acuerdo al diseño del Sistema, la cantidad y longitud de enlaces supervisados por las RTUs están en los rangos siguientes:

Km. de F.O. supervisada: > 6,000 Km. de F.O.

N° de rutas supervisadas: entre 90 a 100 rutas

N° de cables monitoreados: entre 220 a 240 cables

Este diseño representa un 64% de cables medidos con respecto al total de la planta instalada a nivel Nacional en TdP, correspondiente a los cables de enlaces urbanos e interurbanos (Fibra Óptica Nacional y redes de Enlaces locales).



Fig. 3.10 Despliegue de las 19 RTUs a nivel Nacional

El detalle de las rutas de supervisión de las 19 RTUs, se muestran en el Anexo E.

3.3 CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN DEL RFTS

El cronograma o tiempo de ejecución del proyecto RFTS, está definido en un máximo de 06 meses.

En los primeros 03 meses corresponde al diseño e intercambio de información técnica para la implementación del Sistema, así como, las instalaciones previas en la planta y las coordinaciones con las áreas responsables de redes de interconexión para la comunicación de los elementos del RFTS.

En los últimos 03 meses, se realizará la instalación de los elementos del Sistema y los gabinetes adecuados para su ubicación, seguridad y energización. Asimismo, se realizarán las pruebas o protocolos de aceptación para la puesta en marcha o en servicio del RFTS.

En la tabla adjunta, se muestra el cronograma de las principales actividades para la instalación del Sistema.

Tabla 3.4 Cronograma de instalación del RFTS

ITEM	ACTIVIDADES EN LAS 19 RTU's	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
1	Instalación de los puntos de red	■					
2	Instalación de las líneas telefónicas de respaldo	■	■				
3	Habilitación en planta de los enlaces ópticos a monitorear (puentes ópticos, empalmes de fibras)		■	■			
4	Diseño y coordinación de información técnica de TdP con el fabricante, para la implementación del proy.		■	■			
5	Acuerdos con el área de Informática TdP para el acceso del RFTS a la red LAN/WAN			■			
6	Primera fase: Inst. de gabinetes y cableado				■		
7	Segunda fase: Inst. de los elementos del RFTS (Servidor, Estaciones Clientes, RTU's)					■	
8	Pruebas de Protocolo de Aceptación del RFTS						■
9	Configuración final y puesta en marcha el RFTS						■
10	Entrenamiento técnico del RFTS						■

El protocolo de aceptación para la instalación del RFTS, se muestra en el Anexo C.

3.4 PRESUPUESTO DEL RFTS

La propuesta económica final, para la implementación del Sistema de Supervisión Remota de Fibra Óptica (RFTS), se muestra en el detalle siguiente:

Tabla 3.5 Propuesta económica para la instalación "llave en mano" del RFTS

1. HARDWARE

ITEM	CANT	MODELO	DESCRIPCIÓN	MARCA	PRECIO UNIT US\$	PRECIO TOTAL US\$	SUB TOTALES
1.1 Test System Controler (TSC) - Controlador del Sistema							
1		RFTS-Server-N10-yy	*Compaq Proliant Pentium III Server *Tarjeta de red *4 discos duros (2x2x9,1 GB) *2x56 KB PCI modem *Monitor 17" *Teclado, Mouse *CD-ROM *SDRAM 512 MB	Compaq	8 995,00	8 995,00	
1	yy: B1		*CD-ROM de escritura		345,00	345,00	
TOTAL						9 340,00	
1.2 Remote Test Units (RTUs) - Unidades Remotas de Prueba							
19		RFTS-IQ-200-N8-00-yy	*RTU - Maiframe (para 1,2,4,8,12 fibras o switches externos) *Tarjeta de red ethernet 10 MBps *Watchdog *puerto serial *3 slots opticos *3 slots PC *LCD integrado para Control local *Organizador de fibra *Mini-teclado y mouse *Estante deslizador de teclado *Modem (ISA) *Cable RJ-11 (12 ft.)	EXFO	7 595,00	144 305,00	
19	yy: 19		*Kit de montaje para bastidor 19"		120,00	2 280,00	146 585,00
Bastidores para las RTUs							
19		RFTS-Rack-xx	*Bastidor RFTS 19"		975,00	18 525,00	
19	xx: 03		*Inversor -48 VDC a 110 VAC		995,00	18 905,00	37 430,00
Módulos OTDR (RTU)							
9		RFTS-IQ-7403B-ER1-89	*OTDRs Long-haul 1550 nm (40 dB)	EXFO	14 000,00	126 000,00	
9		RFTS-IQ-7503B-ER1-89	*OTDRs Ultra-long-haul 1550 nm (42 dB)		18 000,00	162 000,00	
1		RFTS-IQ-7434B-ER2-89	*OTDR 1550/1625 nm (42/40 dB)		25 000,00	25 000,00	313 000,00
Conmutadores Opticos (RTU) - OTAUs							
11		RFTS-IQ-9104B-89	*4 puertos	Dicon	4 750,00	52 250,00	
8		RFTS-IQ-9112B-89	*12 puertos		7 495,00	59 960,00	112 210,00
Jumpers ópticos monomodo (3 mt)							
180		TJ-B89-89	*Jumper FC/UPC a FC/UPC	Fotelco	125,00	22 500,00	
WDM - Prueba de fibras activas							
4		RFTS-WDM-89	*1310/1550/1625 nm aclopador WDM	Gould	965,00	3 860,00	
4		RFTS-FLT14-89	*Filtro 1310/1550 nm pasante, 1625 nm bloqueo		395,00	1 580,00	
3		RFTS-FLT15-89	*Filtro 1310/1550 nm bloqueo, 1625 nm pasante		395,00	1 185,00	
2		RFTS-WDM-Shelf-19	*Montaje (shelf) para componentes WDM y filtro		225,00	450,00	7 075,00
TOTAL						638 800,00	
1.3 Integración de Comunicación (respaldo)							
1			*Router modular Ethernet Cisco 2610	Cisco	2 415,00	2 415,00	
1			*Modem analog 8 puertos Cisco NM-8M		2 656,50	2 656,50	
20			*Modem analógicos Cisco		402,50	8 050,00	
1			*Smartnet 8x5xNBD Cisco CON-SNT-26xx		483,00	483,00	
19			*Tarjeta interface slot Router Cisco 1605-R Dual Ethernet / WAN		1 610,00	30 590,00	
19			*Feature pack CDC16-CP-12.1.1 Cisco 1600 R IOS IP Plus		442,75	8 412,25	
19			*DRAM upgrade 8 MB MEM1600-8D		1 034,43	19 654,08	
19			*Tarjeta Interface WAN 1 puerto serial WIC-1T		454,83	8 641,68	
19			*Cisco CAB-SS-232MT		120,75	2 294,25	
19			*Cisco CON-SNT-80X		104,65	1 988,35	
TOTAL						85 185,10	
1.4 Soporte después de la venta							
1			*Piezas de repuestos (precio por año)		22 880,00	22 880,00	
1.5 Otro equipamiento adicional							
1			*UPS para el TSC Smart UPS SU1400NET - 1400VA	Noramco	850,00	850,00	
4			*LapTop computer powerful enough to act an ONCs	Compaq	2 450,00	9 800,00	
TOTAL						10 650,00	
TOTAL HARDWARE						766 855,10	

2. SOFTWARE

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT US\$	PRECIO TOTAL US\$	SUB TOTALES
2.1 Test System Controller (TSC) - Controlador del Sistema					
1	RFTS-TSC-License	FiberVisor 2.0 TSC software license	19 995,00	19 995,00	
2.2 Optical Network Controller (ONC) - Estación Cliente					
20	RFTS-TSC-License	FiberVisor 2.0 ONC (workstation + remote users)	1 990,00	39 800,00	
2.3 Remote Test Units (RTUs) - Unidades Remotas de Prueba					
19	RFTS-RTU-License	FiberVisor 2.0 RTU software license	9 995,00	189 905,00	
TOTAL SOFTWARE				249 700,00	

3. SERVICIOS

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT US\$	PRECIO TOTAL US\$	SUB TOTALES
3.1 Instalación					
19		Instalación física de las RTUs	1 500,00	28 500,00	
5		Instalación física del TSC (Controlador) y ONCs (Estaciones Clientes)	995,00	4 975,00	
1		Configuración del Sistema y Puesta en Servicio	2 995,00	2 995,00	
4		Viajes de ida y vuelta de Canadá a Perú	1 500,00	6 000,00	
60		días/hombre de alojamiento, viáticos y transporte a locales	130,00	7 800,00	
TOTAL				50 270,00	
3.2 Integración de Comunicación (respaldo)					
16		Horas de integración	120,00	1 920,00	
20		Instalación y configuración de Router a PSTN (RTC)	240,00	4 800,00	
TOTAL				6 720,00	
3.3 Entrenamiento					
1		4 días de entrenamiento para 4 a 6 personas en Canadá	5 995,00	5 995,00	
3.4 Soporte después de la venta					
1		Soporte local 7días/24 horas (precio por el primer año)	30 000,00	30 000,00	
3.5 Otro equipamiento adicional					
1		Integración de Licencias RFTS-ONC en computadoras LapTop	800,00	800,00	
16		Integración e instalación de Licencias RFTS-ONC en 16 PCs existentes	400,00	6 400,00	
TOTAL				7 200,00	
TOTAL SERVICIOS				100 185,00	

TOTAL HADWARE Y SOFTWARE PRECIO FOB US\$		1 016 555,10
TOTAL SERVICIOS (Instalación, puesta en servicio, integración, etc.)		100 185,00
TOTAL (HW+SW) FOB + SERVICIOS US\$		1 116 740,10
DESCUENTO EN HW & SW US\$	11,5%	128 425,11
Costos DDP (Derecho de pago en Aduanas) en materiales y software después de descuento	20,0%	179 930,25

TOTAL (EQUIPAMIENTO, INSTALACIÓN EN PRIMER AÑO) US\$	1 168 245,24
-------------------------------------------------------------	---------------------

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA DE FIBRA ÓPTICA (RFTS)

4.1 ARQUITECTURA DEL RFTS

Las principales características del Sistema son las siguientes:

- Tiene una arquitectura cliente – servidor.
- Provee la administración de alarmas centralizadas.
- Posicionamiento de fallos en esquemáticos o mapas GIS.
- Provee datos de bases centralizados:
 - Trazas reflectométricas
 - Alarmas (actuales y archivadas)
 - Documentación de la redes de Fibra Óptica
 - Estadísticas v configuración

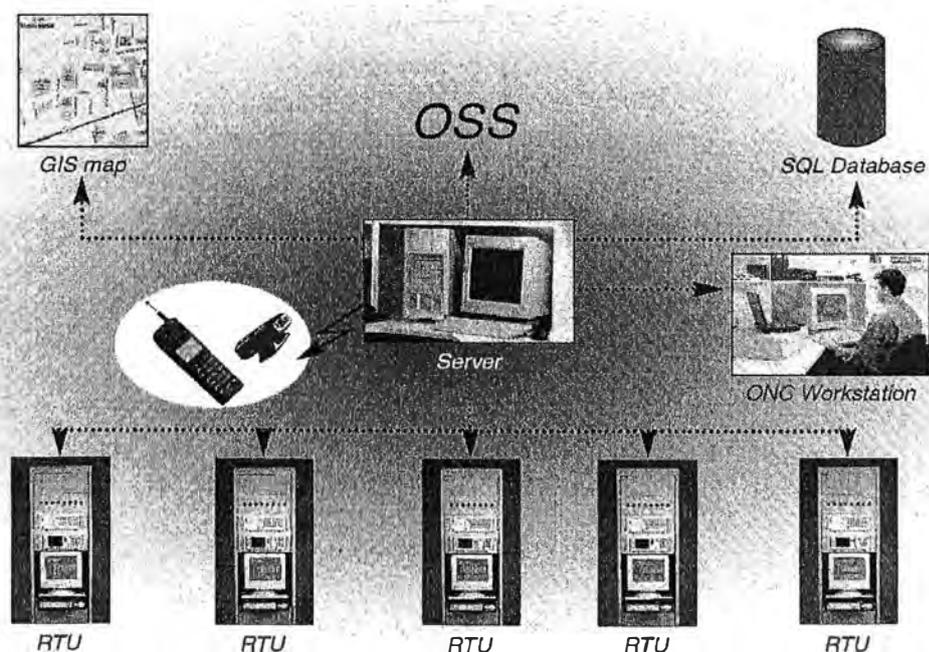


Fig. 4.1 Arquitectura del RFTS

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL RFTS

4.2.1 Controlador del Sistema (TSC)

- Es un Servidor de base de datos (MS SQL 7.0), que almacena las curvas o Trazas de todos los dispositivos del Sistema (OTDR). Almacena las Alarmas actuales e históricas de todas las RTUs y la documentación completa de la red de fibra óptica monitoreada.
- Es también un Servidor de comunicación.
- Contiene los mapas y base datos GIS (GeoMedia de Intergraph).
- Es el encargado de enviar las alarmas (configuradas) a e-mail y teléfonos celulares, mediante aplicativo LogCaster.

4.2.2 Estación Cliente o Controlador de Red Óptica (ONC)

- Configura diferentes usuarios para el acceso al Sistema: Operadores, Directores y Administradores.
- La Estación de trabajo permite al usuario conectarse con su servidor y acceder a la base de datos.
- Permite una vista rápida y completa del estado de la red:
 - Estado de las RTUs, cables, y enlaces ópticos.
 - Severidad de alarmas, por tipo e históricas.
 - Ubicación de los fallos en la red.
 - Administración completa de los diferentes elementos del Sistema.
- La Estación Cliente es utilizada para administrar y controlar completamente el Sistema:
 - Permite el ingreso de datos y configuraciones.
 - Se puede realizar pruebas por demanda.
 - Controla vía remota los elementos del sistema (RTUs) por aplicativos VNC, SMS u otros.
 - Visualizar las curvas que generaron alarmas.
 - Generar estadísticas, registros de alarmas, etc.

4.2.3 Unidad Remota de Prueba (RTU)

- Es el equipamiento del Sistema que realiza las mediciones de las fibras a supervisar y trabaja en forma independiente al Controlador del Sistema (TSC).
- Solo tiene comunicación con el TSC cuando remite las alarmas detectadas y en el reporte diario de verificación de estado de trabajo de la RTU.
- Consta de tres partes principales: módulo OTDR, módulo Conmutador Óptico y Controlador.

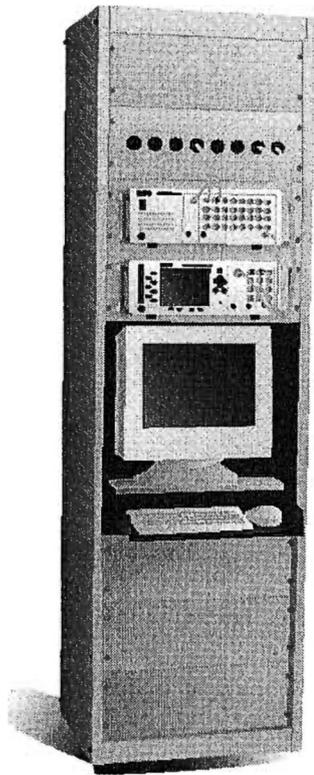


Fig. 4.2 RTU instalada en gabinete

En las fotos adjuntas se muestran dos RTUs instaladas en un ambiente acondicionado de la Central.

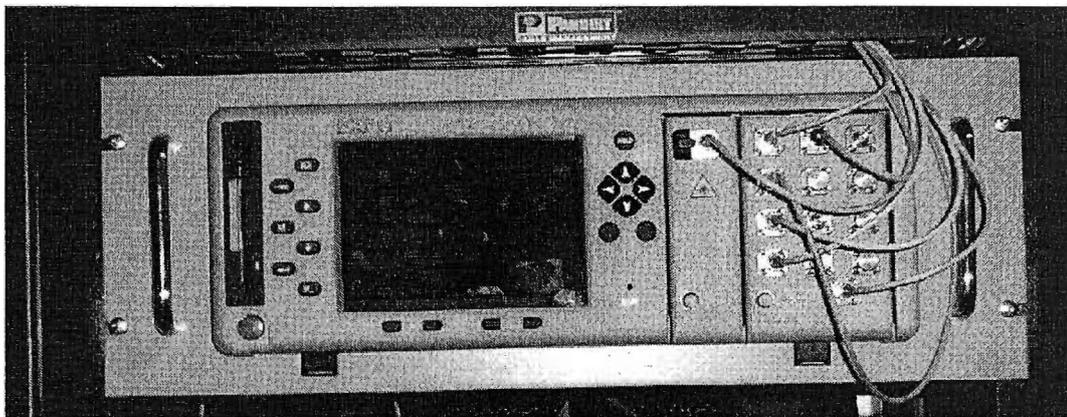


Fig. 4.3 Foto de una RTU instalada con conmutador óptico de 1x12



Fig. 4.4 Foto de una RTU instalada con conmutador óptico externo 1x24

4.2.3.1 Tecnología del Módulo OTDR

- o Linealidad de $\pm 0,02$ dB/dB
- o Precisión de $\pm 0,005$ dB/km.
- o Rango dinámico de hasta 42 dB: para aplicaciones a largo alcance.
- o Zona muerta de 3 m: Permite al sistema detectar eventos adyacentes y establecer la correlación con la ubicación física.



Fig. 4.5 Módulo OTDR

Rango de longitud de onda de medición de los módulos del RFTS:

OTDR de largo alcance

1550 nm 40 dB

1625 nm 40 dB

OTDR de alcance ultralargo

1550 nm 42 dB

4.2.3.2 Módulo Conmutador Óptico

Los conmutadores de las RTU del Sistema poseen las siguientes especificaciones:

Diafonía: -80 dB

MTBF: 10,000,000 ciclos.

Configuraciones estándar de los módulos considerados en el diseño del RFTS:

1 x 4 1 x 12

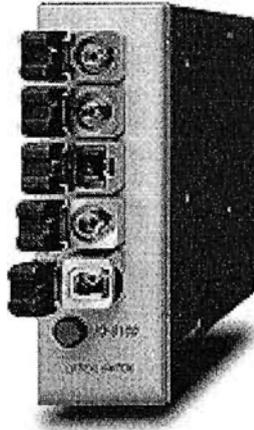


Fig. 4.6 Conmutador Óptico 1x4

4.2.3.3 Método de supervisión o monitoreo de fibras

Existen dos métodos empleados en el Sistema instalado en TdP. La medición en fibras oscuras (fibras libres) y la medición en fibras en servicio o activa.

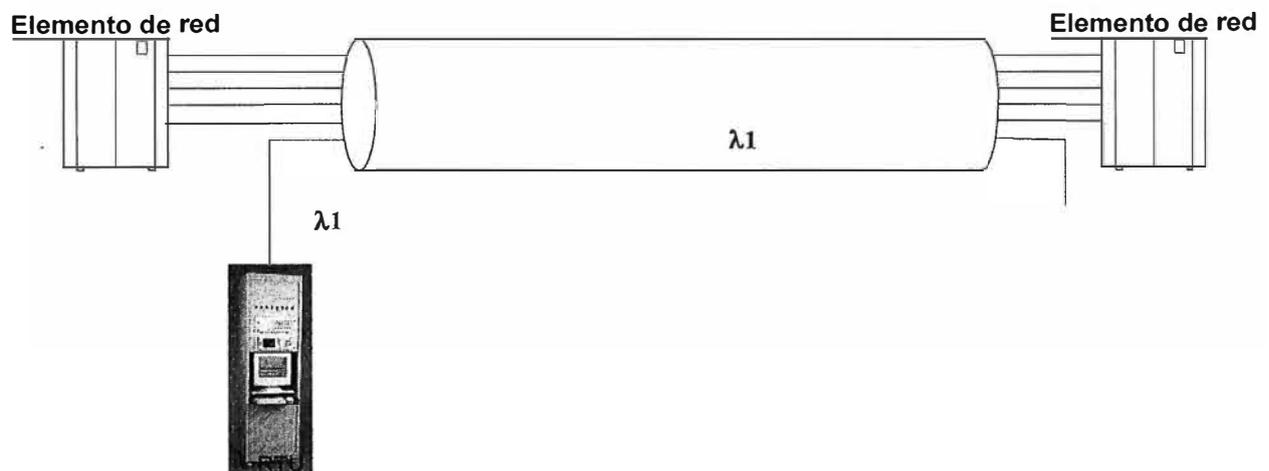
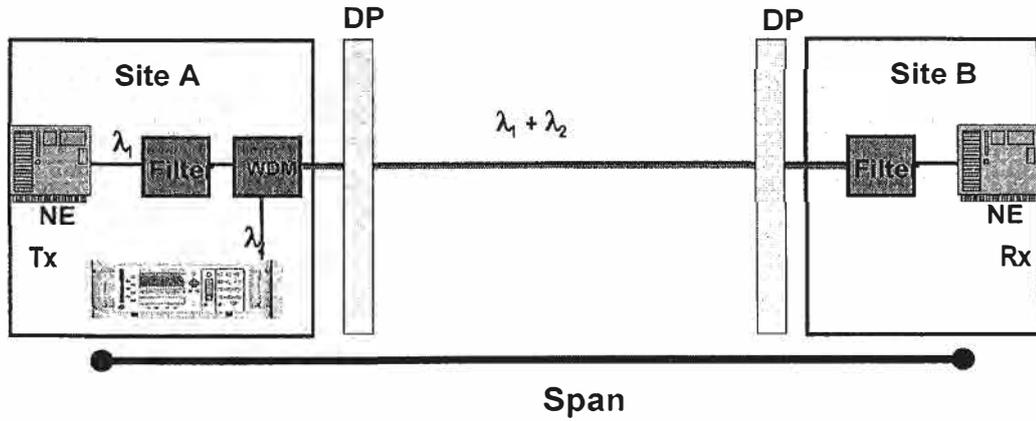


Fig. 4.7 Medición de fibras libres u oscuras

Active OTDR monitoring



Legend:

- λ_1 : Tx signal (typically 1550nm)
- λ_2 : OTDR signal (typically 1625nm)
- NE = Network Element
- DP: Distribution panel

- Shown here in co-propagation
- Blocking 1625nm filters optional, according to WDM equipment sensitivity to 1625nm

Fig. 4.8 Medición de fibras en servicio o activas

Active monitoring- bypass sites

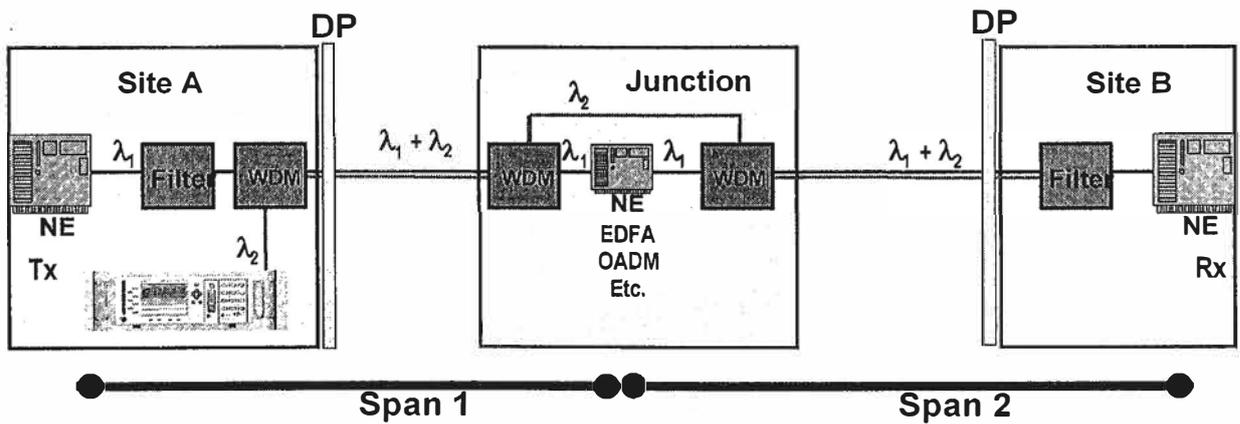


Fig. 4.9 Medición de fibras en servicio o activas con puente en Central

4.3 OPERACIÓN DEL APLICATIVO DEL RFTS

El aplicativo del RFTS llamado Fiber Visor, es la interfaz gráfica con el usuario del Sistema, donde se ejecutan todas las actividades de gestión y control de la red de Fibra Óptica supervisada. El acceso a dicho aplicativo es por la Estación Cliente (ONC), la cual es restringida según el tipo de usuario configurado previamente en el Sistema.

El aplicativo Fiber Visor, tiene tres ventanas principales para las actividades de gestión y supervisión que realiza:

- Vista de mapa geográfico
- Vista de explorador
- Vista de menú de alarmas

4.3.1 En la **vista de mapa geográfico** se detalla el recorrido del cable de Fibra Óptica o de la ruta de supervisión.

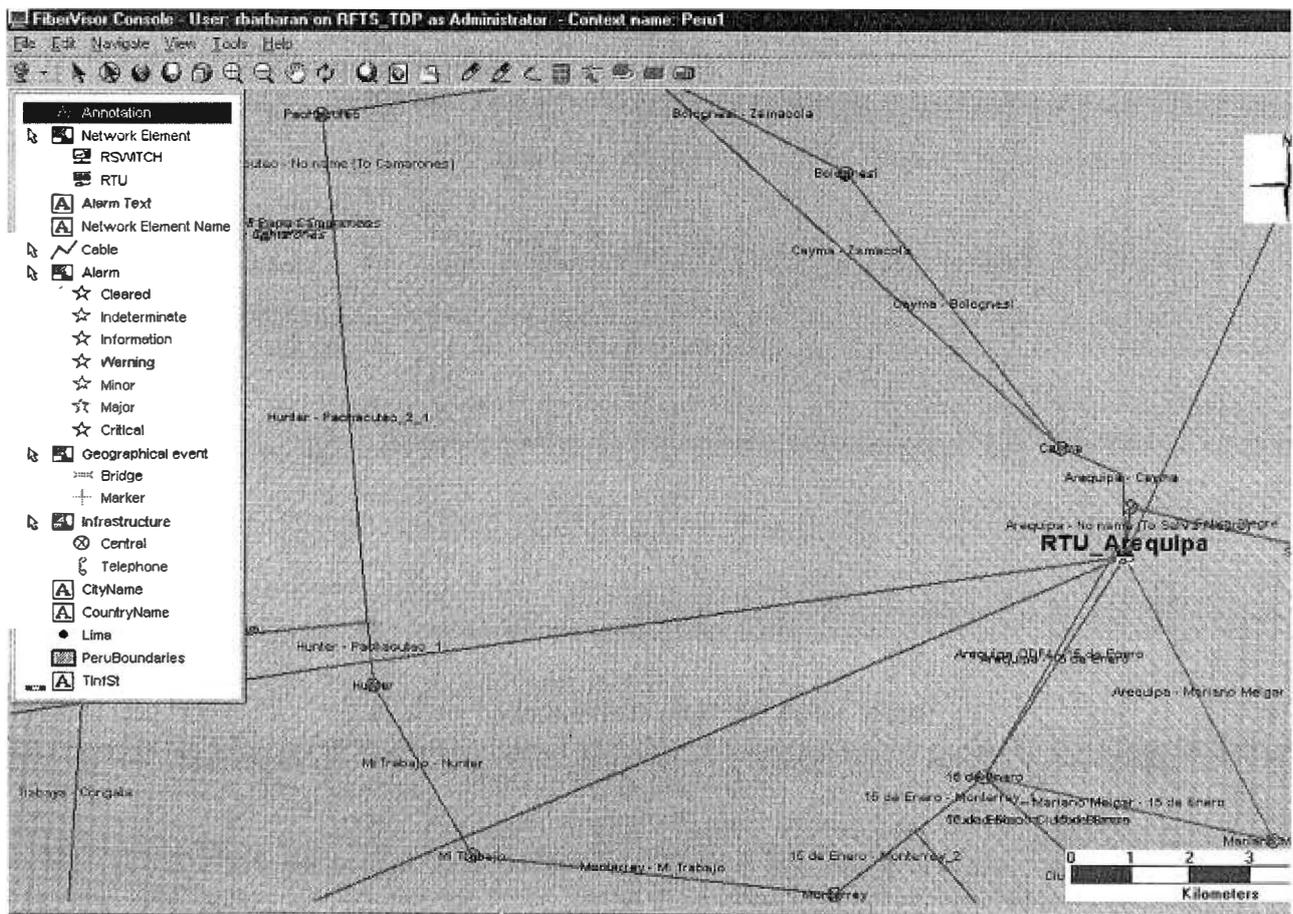


Fig. 4.10 Mapa geográfico del Fiber Visor

En esta primera etapa del proyecto, no está considerada la implementación del Sistema de Información Geográfica (GIS).

Las rutas ópticas de supervisión, están en un plano esquemático del aplicativo del Sistema.

4.3.2 En la **vista explorador**, se muestra la distribución de las RTUs y los detalles de los cables y fibras monitoreadas. Asimismo, se muestran las trazas reflectométricas de referencia de cada RTU.

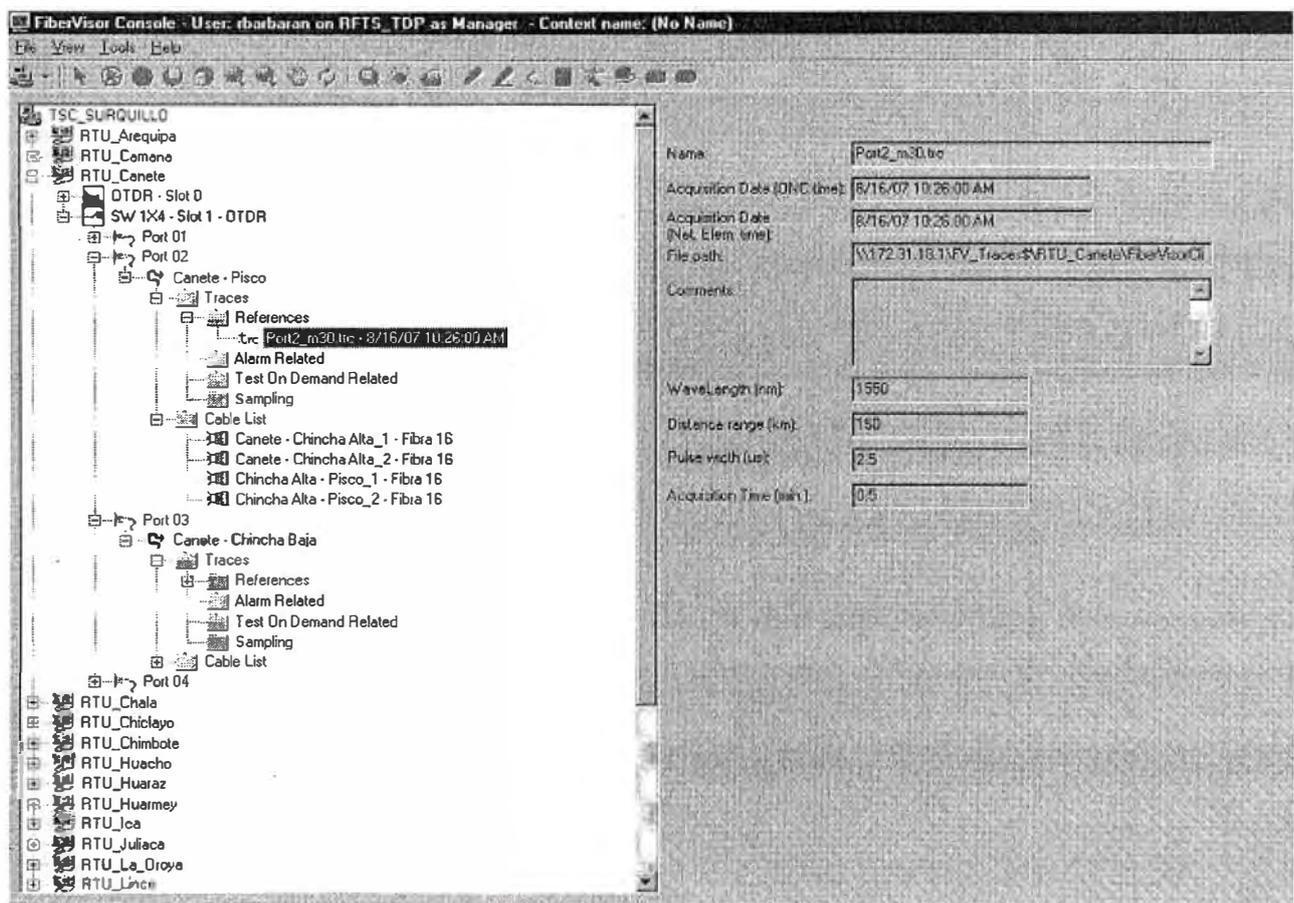


Fig. 4.11 Vista explorador del Fiber Visor

4.3.3 En la **vista de menú de alarmas**, se detalla las diferentes alarmas del Sistema y la severidad de cada una de ellas. Asimismo, en el caso de alarmas críticas, se puede visualizar la traza reflectométrica correspondiente.

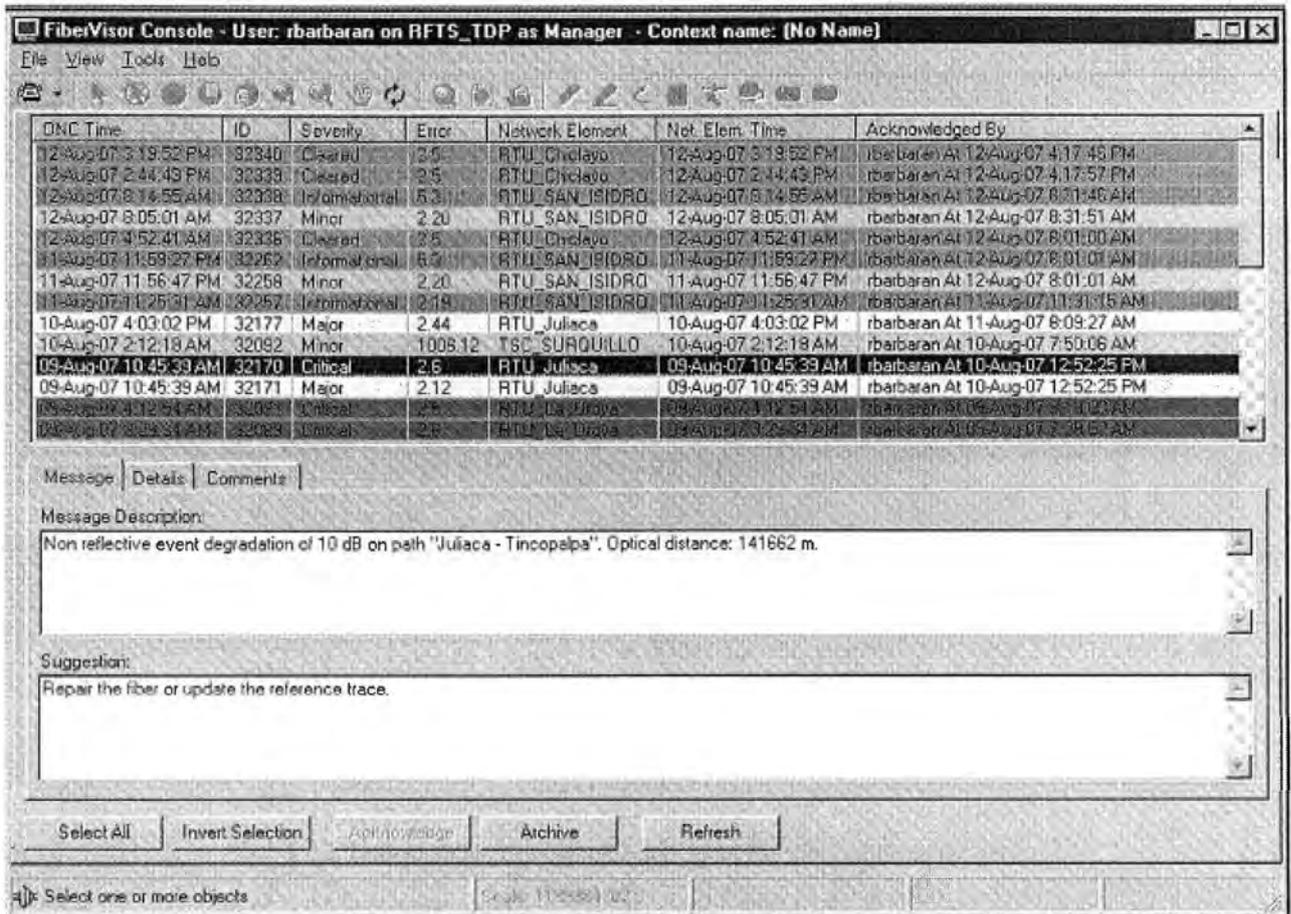


Fig. 4.12 Vista de menú de alarmas del fiber Visor

En los gráficos 4.12 y 4.13 se aprecia una alarma real (alarma crítica), detectada por el Sistema de Supervisión. Y en gráfico 4.14 se muestra una correlación del mapa lineal con la traza reflectométrica de la alarma.

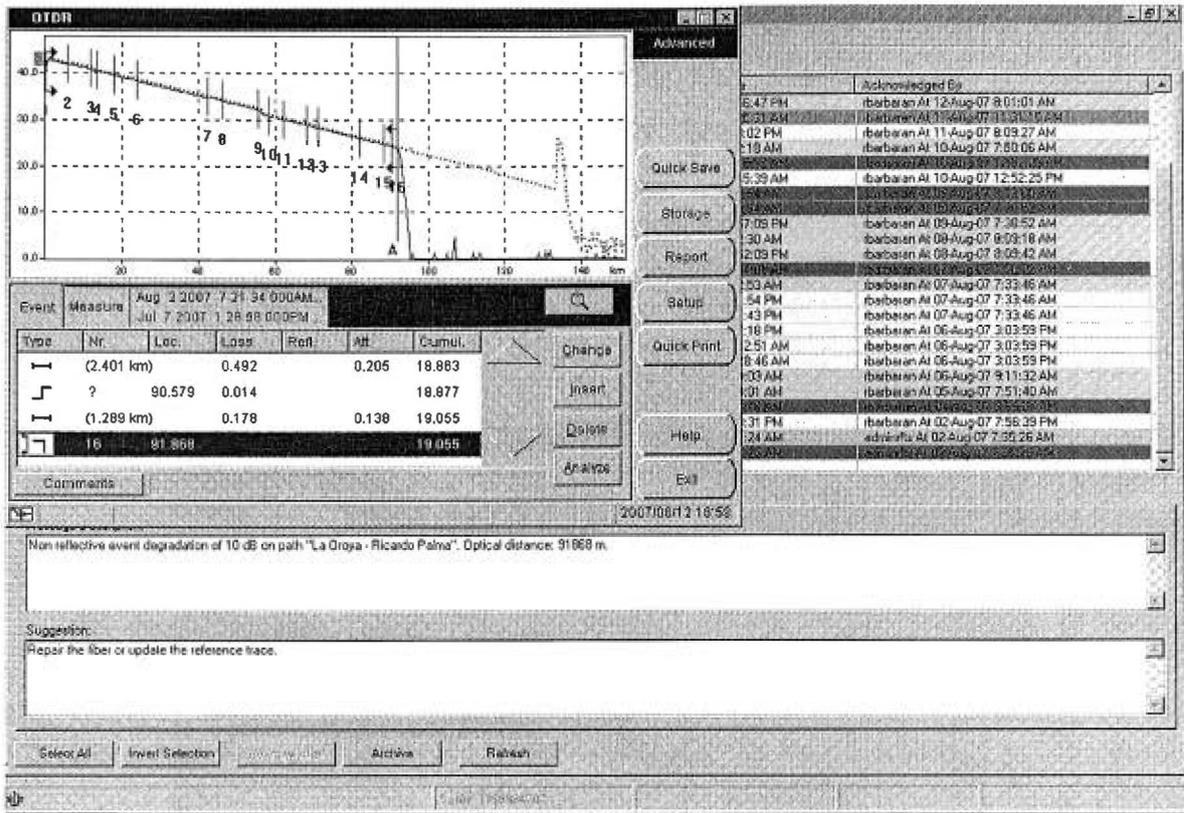


Fig. 4.13 Traza reflectométrica de alarma crítica (corte de F.O.)

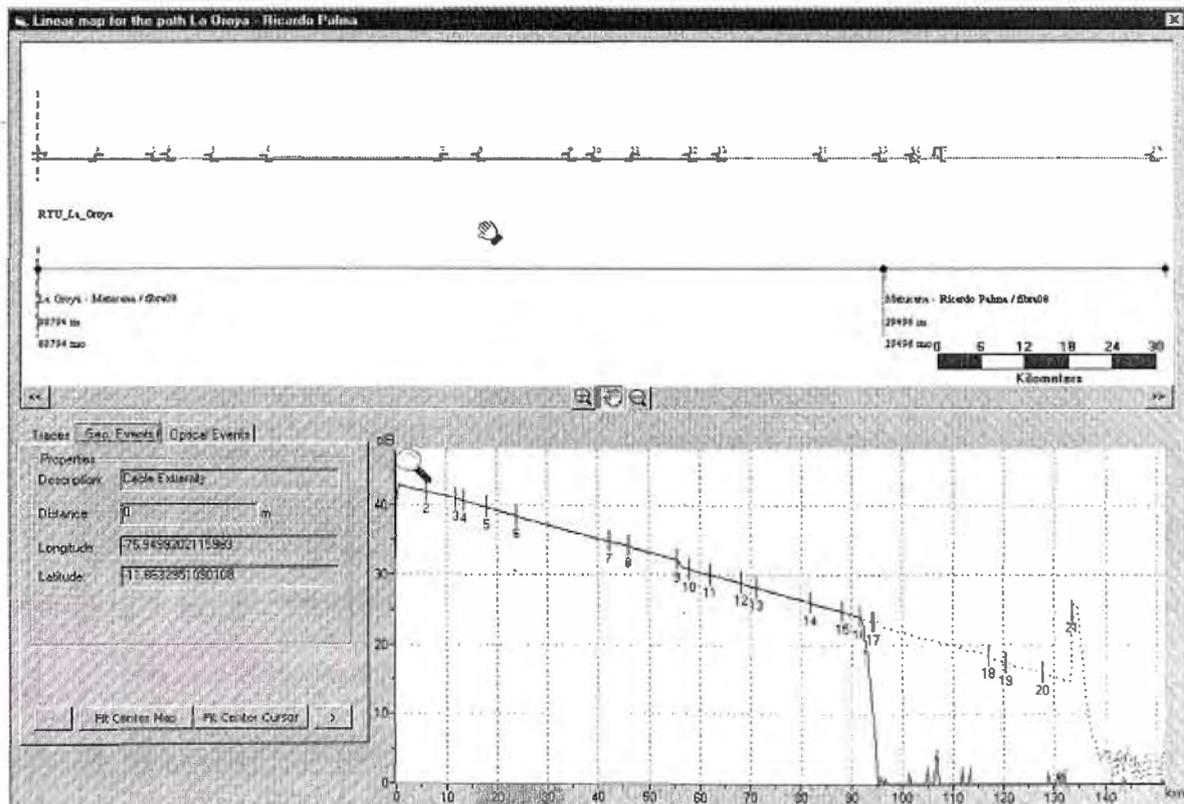


Fig. 4.14 mapa lineal de la alarma crítica

El aplicativo Fiber Visor, realiza varias tareas de gestión de alarmas, entre ellas tenemos, el control estadístico de las trazas de referencia, para determinar las variaciones de la características de la fibra de supervisión en un periodo de tiempo.

Event	Loss Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distance (Km)		0	2793	3573	6323	7719	19063	20019	26762	29909	34517
Type Event		→	↘	↙	↘	↙	↘	↙	↘	↙	↘
1999/04/09	10.459	25.701	-0.044	0.000	-0.096	0.036	0.087	2.214	0.085	-0.068	0.090
1999/04/09	10.601	25.695	-0.047	0.052	-0.092	0.035	0.094	2.219	0.107	-0.068	0.121
1999/04/09	10.421	25.716	-0.051	0.000	-0.094	0.000	0.073	2.160	0.034	-0.092	0.108
1999/04/09	10.612	25.776	-0.051	0.000	-0.094	0.031	0.085	2.163	0.067	-0.071	0.091
1999/04/09	10.66	25.63	-0.046	0.045	-0.085	0.038	0.090	2.171	0.074	-0.076	0.105
1999/04/09	10.517	25.587	-0.048	0.000	-0.089	0.042	0.121	1.959	0.003	-0.097	0.124
1999/04/09	10.728	25.143	-0.041	0.067	-0.024	0.073	0.071	2.688	0.104	-0.061	0.058
1999/04/09	10.377	25.174	-0.046	0.071	-0.037	0.059	0.084	2.213	0.086	-0.075	0.070
1999/04/09	10.46	25.184	-0.050	0.082	-0.028	0.065	0.172	1.874	0.145	-0.065	0.051
1999/04/09	10.045	36.75	-0.044	0.073	-0.031	0.068	0.095	2.198	0.106	-0.065	0.108
Min	10.045		-0.098	0.000	-0.094	0.000	0.009	0.719	-0.065	-0.232	-0.060
Avg	10.740		-0.060	0.068	-0.033	0.035	0.108	2.129	0.096	-0.073	0.129
Max	11.823		-0.023	0.094	-0.001	0.075	0.219	2.772	0.394	0.270	0.372

Fig. 4.15 datos estadísticos de una ruta de supervisión

Asimismo, la base de datos del Sistema, puede realizar conexiones o enlaces con base de datos externas.

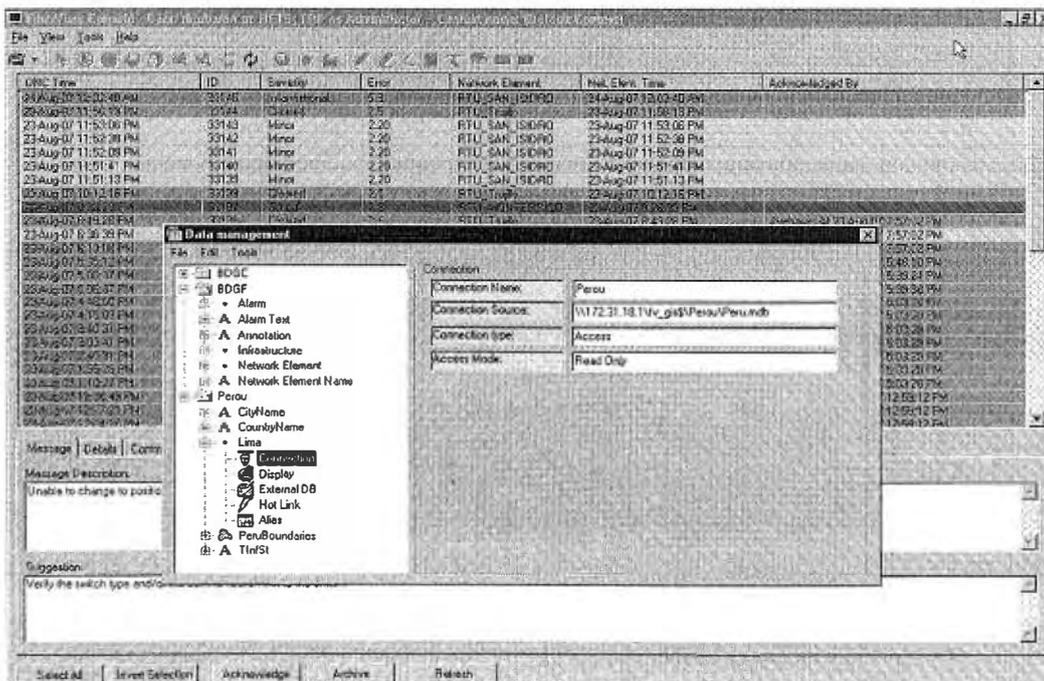


Fig. 4.16 ventana de administración de base de datos externas

El Sistema también permite, la gestión o determinación de los umbrales de los eventos en la fibra de supervisión, para definir el tipo de alarma a reportar por el Sistema (alarmas menores, mayores o críticas).

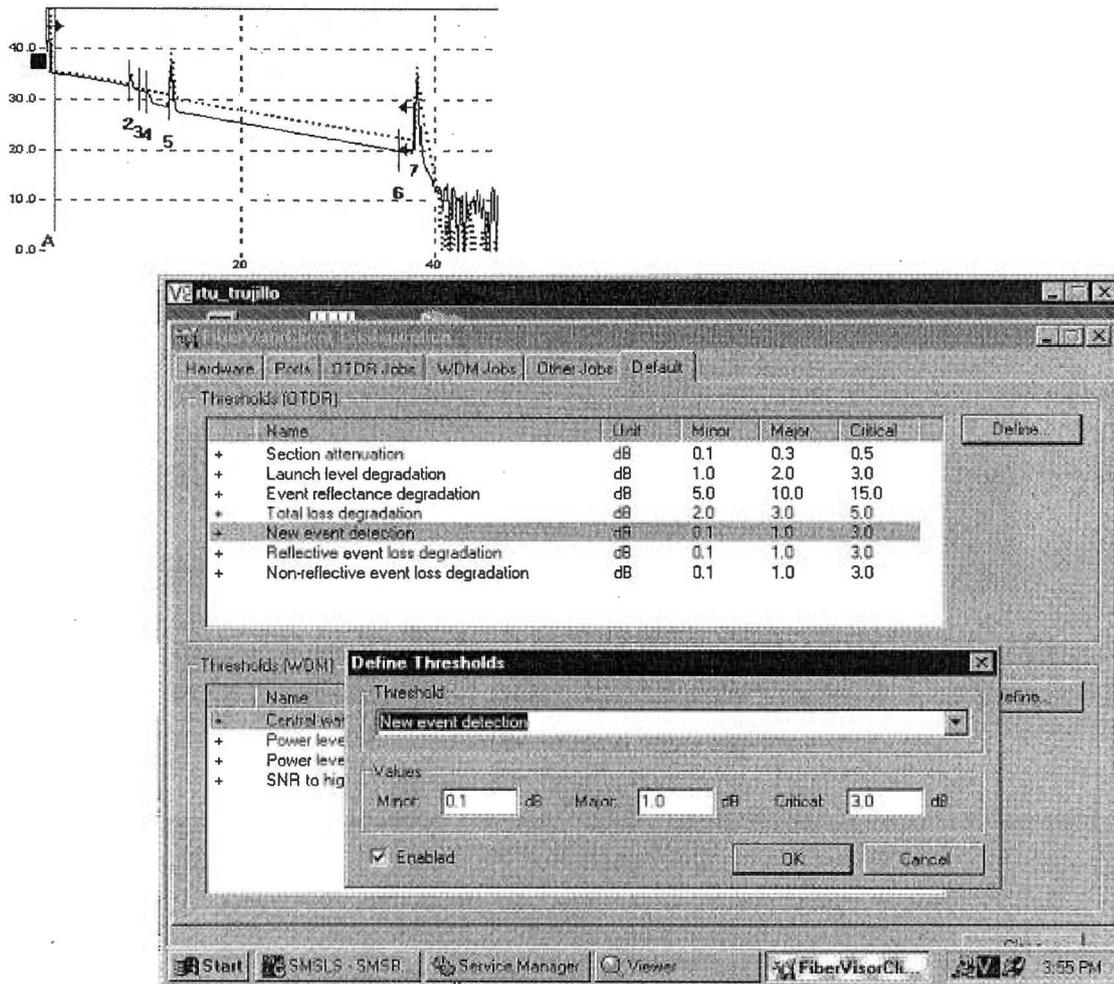


Fig. 4.17 ventana de configuración de umbrales de los eventos ópticos

Para la determinación de los umbrales de alarmas en el monitoreo de la FON (mediciones reflectométricas), se determinó los siguientes rangos para los nuevos eventos detectados por el Sistema (Fig. 4.17):

- Alarma Menor entre 0.10 dB a 1.0 dB
- Alarma Mayor entre 1.0 a 3.0 dB
- Alarma Critica mayor a 3.0 dB (alta atenuación o corte de la fibra óptica).

Las alarmas menores, están de acuerdo a los valores de aceptación de los empalmes de fibra óptica, en un tendido de cable de más de 20 Km. de longitud (0.15 dB para enlaces menores a 20 Km.). El Sistema debe estar en la capacidad de monitorear instalaciones nuevas y remitir las alarmas correspondientes (de acuerdo a su nivel).

4.3.4 El aplicativo Fiber Visor instalado en la Unidad Remota de Prueba (RTU), tiene las siguientes características, de acuerdo al gráfico adjunto.

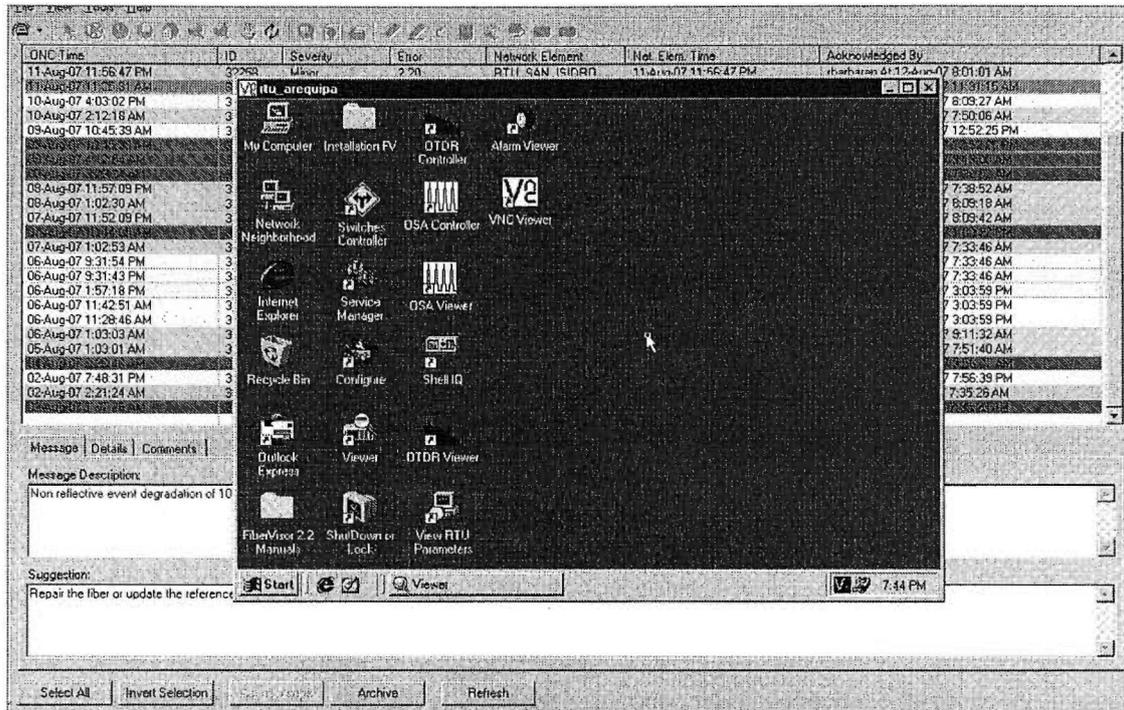


Fig. 4.18 vista del acceso remoto a una RTU

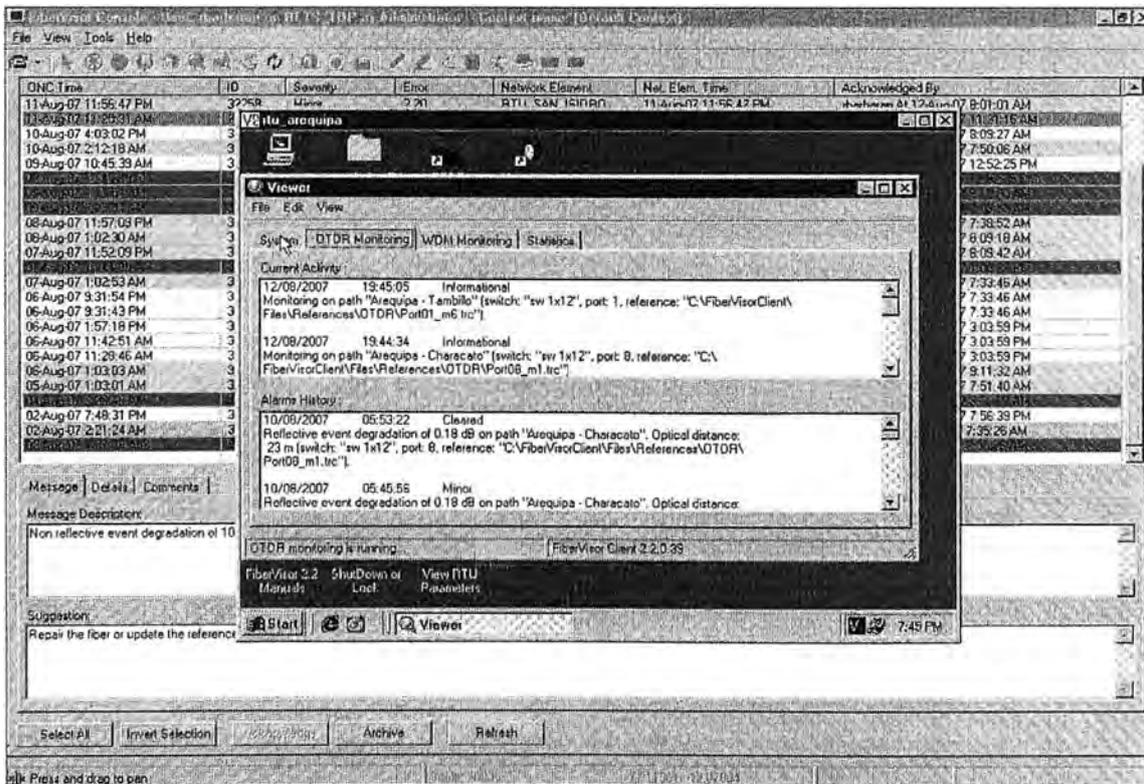


Fig. 4.19 verificación del monitoreo de las rutas de supervisión en la RTU

En la fig. 4.19 se muestra el icono Viewer activado en la RTU, el cual muestra el estado de monitoreo de las rutas o fibras de supervisión.

Cada RTU trabaja en forma independiente, trabaja en el monitoreo automático de las fibras de supervisión (7 días x 24 horas) y solo se comunica con el Servidor Central (TSC), para reportar alarmas detectadas en la red de Fibra Óptica o para reportes de fallo del equipamiento de la RTU.

La RTU permite realizar mediciones manuales con el OTDR (mediciones remotas), para lo cual se desactiva el monitoreo automático (icono service manager), se selecciona el puerto del conmutador óptico (icono switches controller) y se activa el aplicativo del reflectómetro (icono OTDR controller), ver fig. 4.18. Estas mediciones se realizan para verificar las fibras en forma manual, no solo la fibra de supervisión, sino también otras fibras del cable para una verificación local, en coordinación con un personal técnico ubicado en la RTU.

4.3.5 Los usuarios del RFTS se clasifican en tres grupos: Operator, Manager y Administrador. De acuerdo al nivel del usuario, el Sistema permite dar las facilidades de acceso para la administración u operación del aplicativo Fiber Visor.

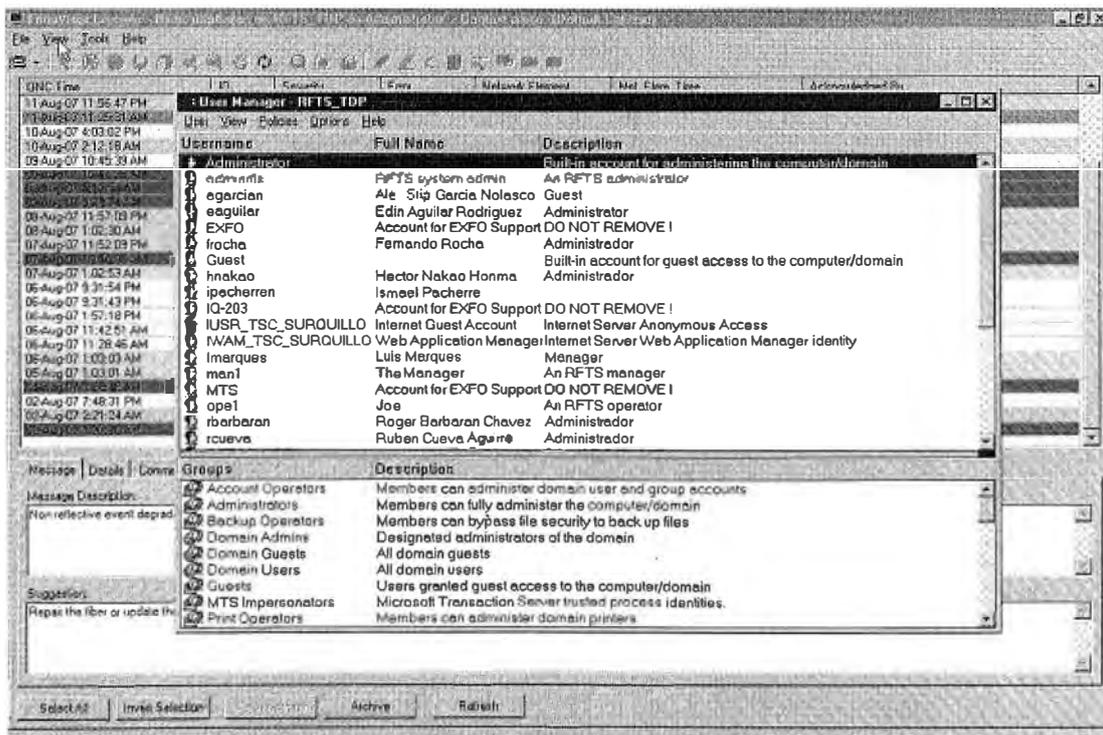


Fig. 4.20 ventana de configuración de tipos de usuarios del RFTS

4.3.6 El envío de alarmas del RFTS, están clasificadas en tres niveles: menores, mayores y críticas. De acuerdo a la configuración de los umbrales en los eventos que se generen en la fibra de supervisión. Normalmente, un evento (no reflectivo) que presente una atenuación mayor a 3.0 dB, se configura como alarma crítica.

Las alarmas críticas, que en su mayoría representa un corte de la fibra de supervisión y por lo tanto, un corte del cable de F.O. (mayor a un 98% de los casos), están configuradas para que el Servidor (TSC) del Sistema, las reporte en forma externa, mediante un aplicativo de gestión de alarmas (Logcaster).

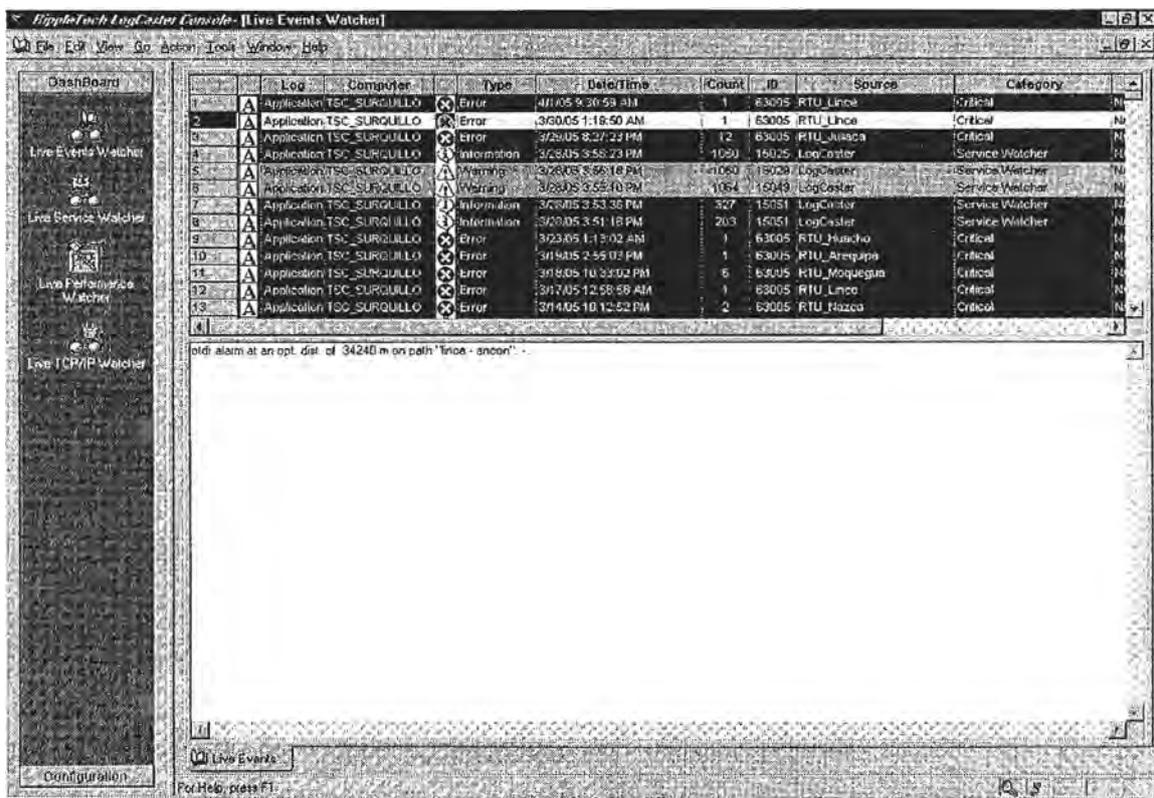


Fig. 4.21 ventana del aplicativo de gestión de alarmas

El aplicativo permite configurar y direccionar las alarmas a los diferentes usuarios del Sistema, a los correos electrónicos, teléfonos celulares u otro medio receptor de mensajes.

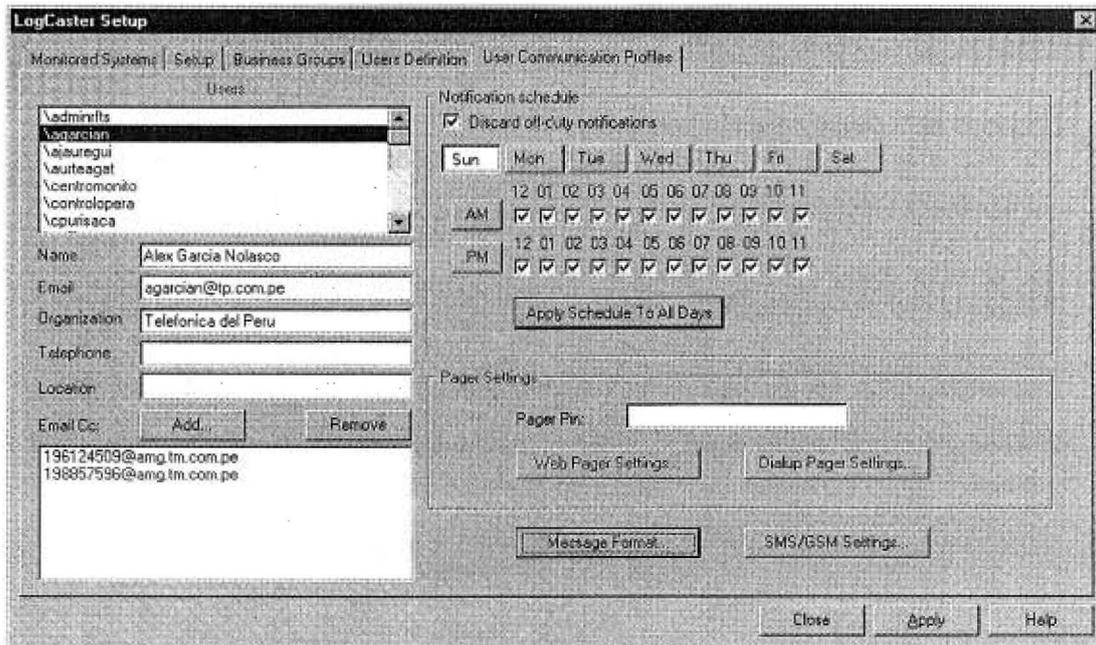


Fig. 4.22 ventana de configuración de alarmas para los usuarios RFTS

El proceso del envío de alarmas externas (alarmas críticas), es el siguiente:

- La RTU detecta el fallo (corte de la fibra de supervisión) y remite la alarma al Servidor (TSC) del RFTS, a través de la red corporativa (LAN/WAN).
- El Servidor través del aplicativo Fiber Visor reporta la alarma a las consolas de las Estaciones Clientes (ONCs).
- Asimismo, el Servidor remite la alarma a un Servidor de correos de la red corporativa y este a su vez, re-envía la alarma a otro Servidor de correo para los mensajes a los correos electrónicos en estaciones de trabajo (PC de usuarios) y también re-envía la alarma a un Servidor de Móviles.
- Finalmente, el Servidor de Móviles (red de telefonía móvil), reporta la alarma a los teléfonos celulares de los usuarios configurados en el RFTS.

El los gráficos siguientes, se muestra el esquema del proceso.

Visualización de la alarma crítica en el aplicativo Fiber Visor:

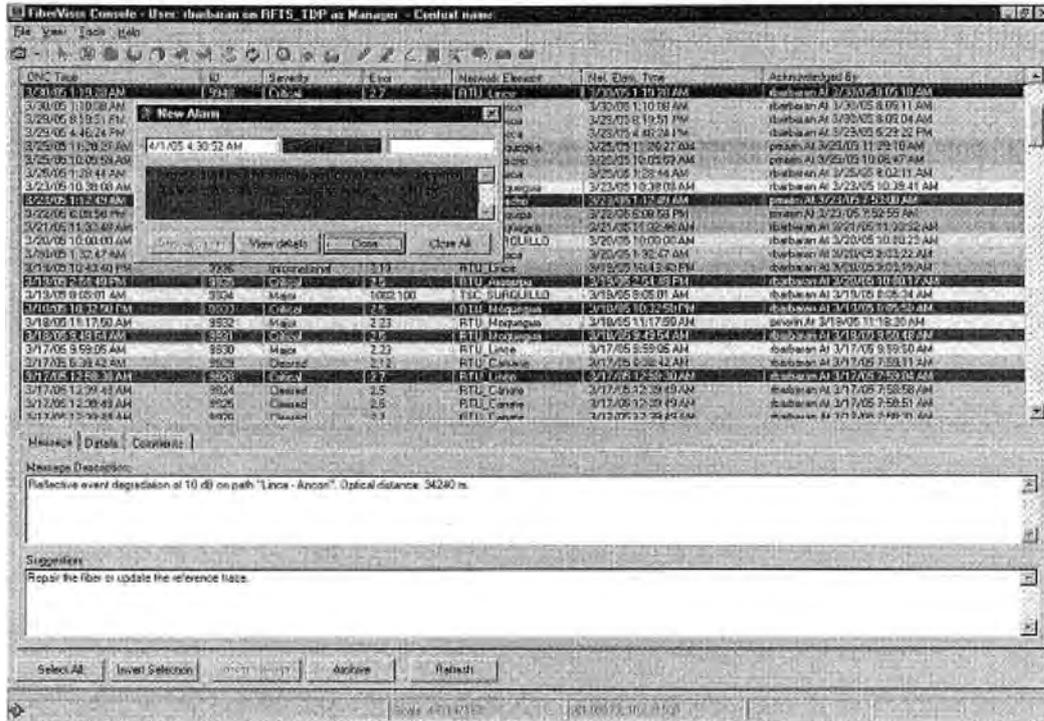


Fig. 4.23 ejemplo de alarma crítica “destellante” en la Estación Cliente del RFTS

ENVIO DE ALARMAS RFTS

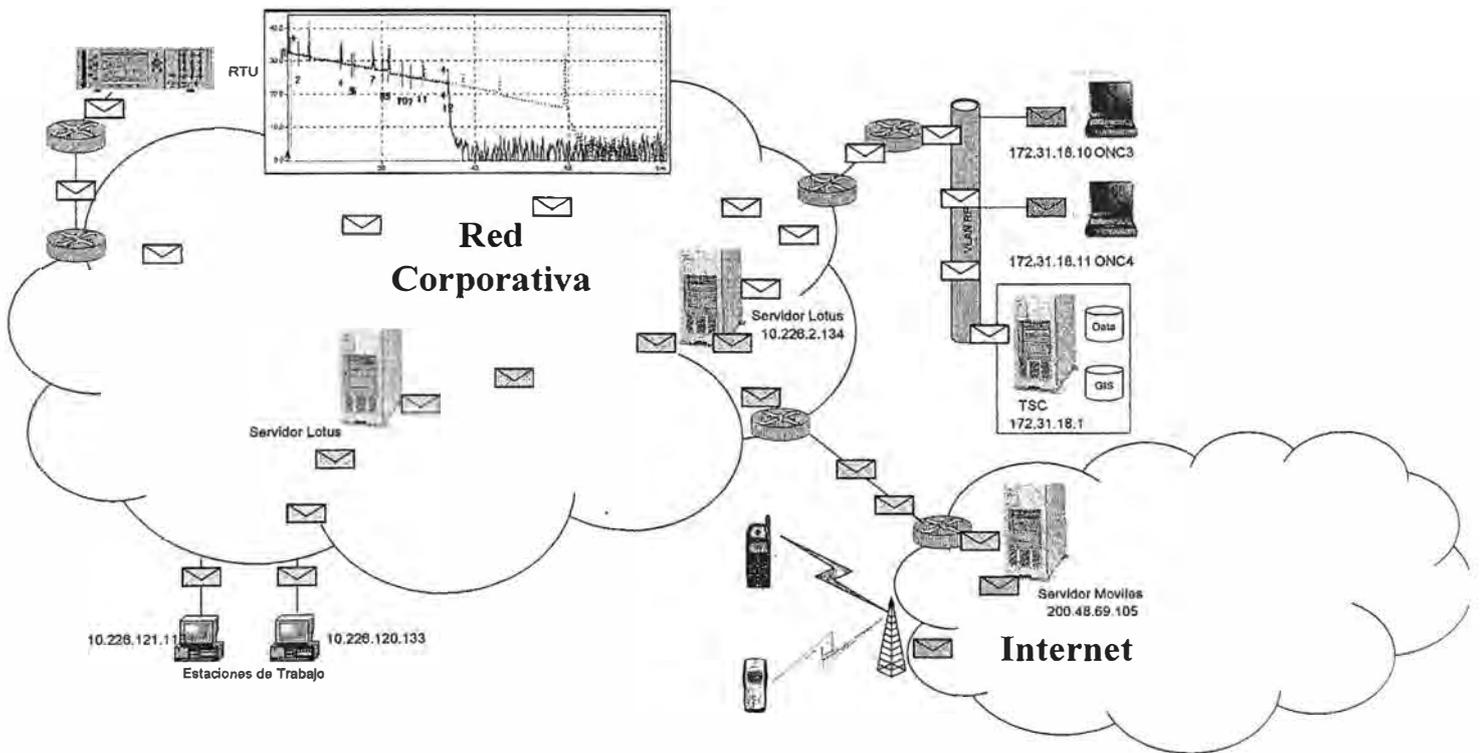


Fig. 4.24 Proceso del envío de la alarma crítica

CAPÍTULO V

MEJORAS DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA DE FIBRA ÓPTICA (RFTS)

5.1 NUEVA PLATAFORMA NQMS FIBER

La nueva generación del RFTS es la llamada NQMSfiber RFTS (Network Quality Monitoring System), basada en un sistema cliente-servidor con plataforma EMS (Element Management Server) y con una nueva tecnología en la industria de OTDRs, con la más alta sensibilidad y resolución en la detección de eventos. Ofrece los siguientes beneficios a diferencia del actual RFTS:

- Es basado en tecnología de actualización automática de datos (en software, en aplicaciones ópticas).
- Es aplicada a la tecnología FTTx.
- Permite una interfase de usuario por Web, local o remoto.

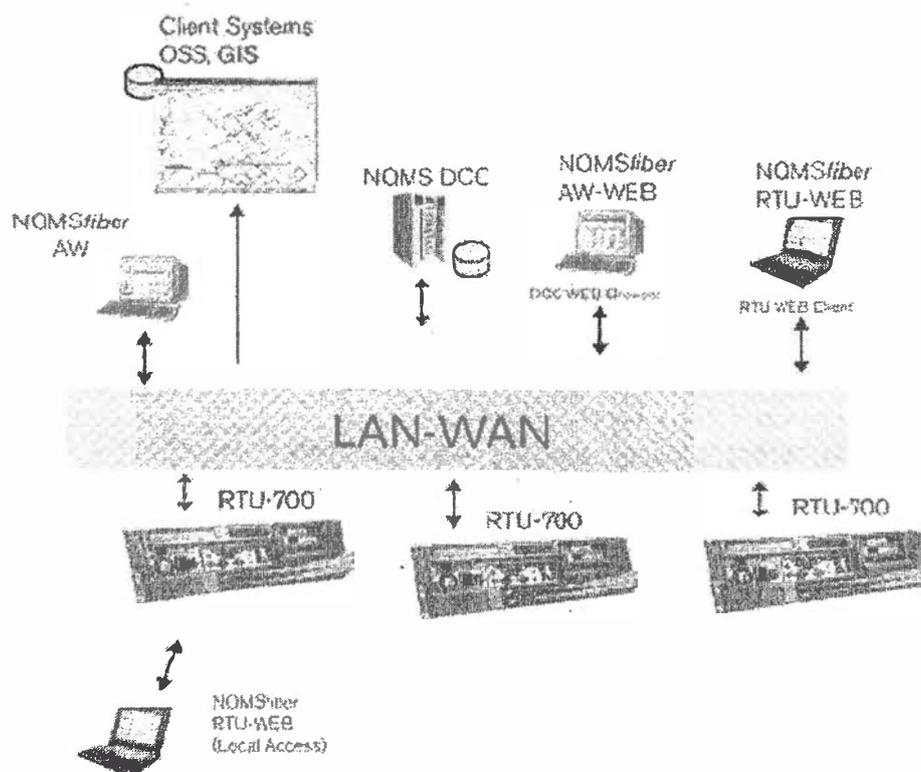


Fig. 5.1 Diagrama funcional básico del Sistema

5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL NQMS FIBER

La nueva plataforma NQMSfiber presenta nuevas características de mejoras en equipamiento y administración del Sistema:

5.2.1 Nueva Tecnología OTDR

La tecnología del OTDR está orientado a la medición de redes ópticas pasivas (PON), por lo cual, tienen mayor resolución y están optimizados para medir enlaces ópticos con alto valores de atenuación.

- Permite medir con rangos muy bajos de zonas muertas.

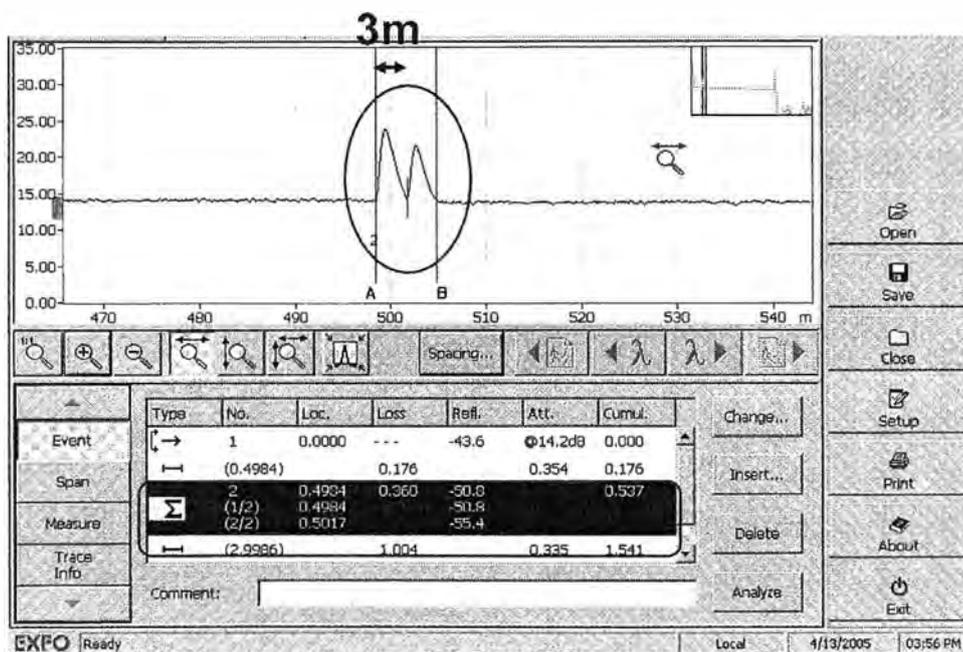


Fig. 5.2 Alta resolución de zona muerta

- Tiene rango de monitoreo extendido, que permite detectar picos reflectivos en zona de ruido.

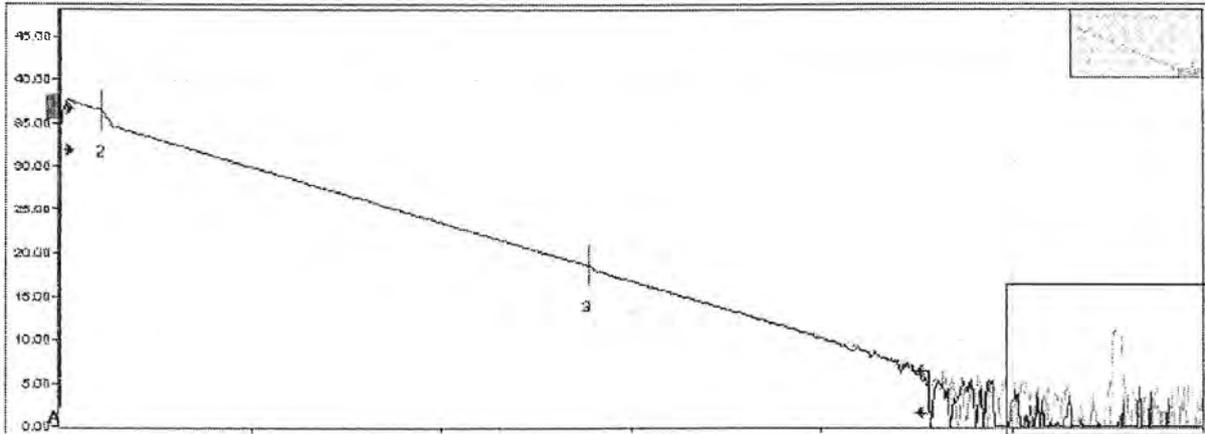


Fig. 5.3 Detección de picos reflectivos en zona de ruido

- De acuerdo a la característica anterior, las mediciones son aplicadas a las redes ópticas pasivas (PON).

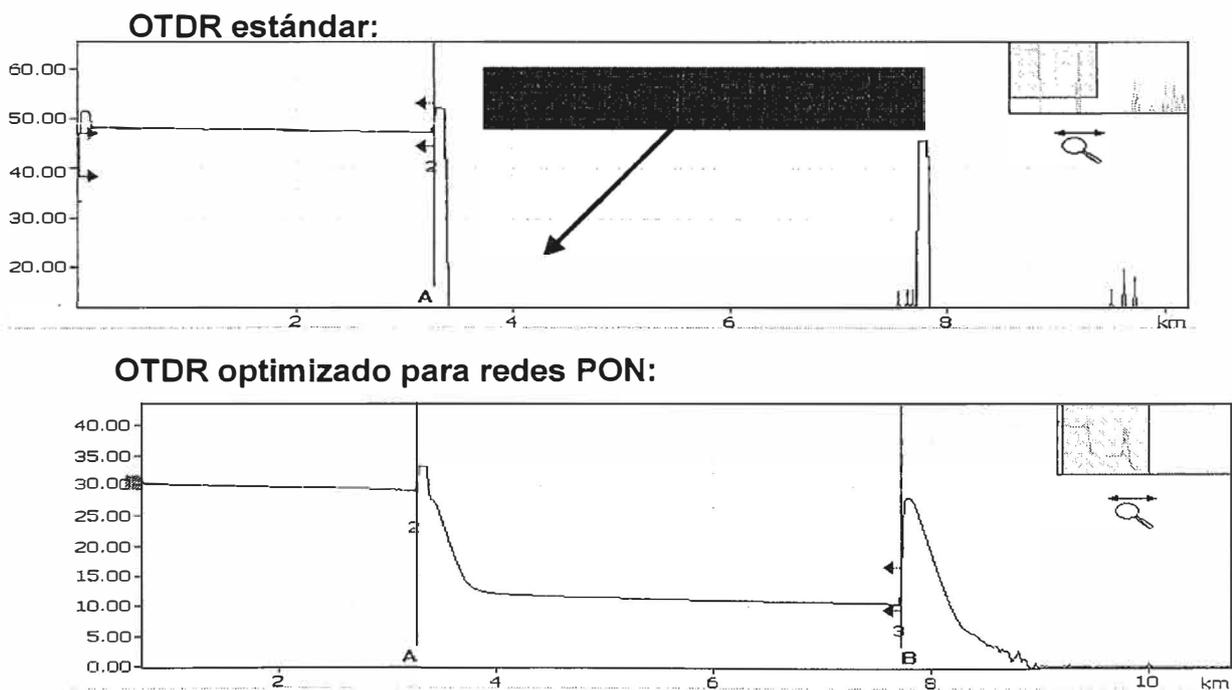


Fig. 5.4 Comparación de OTDR estándar y optimizado para PON

5.2.2 Administración Automática

La nueva plataforma permite la detección de automática de elementos conectados al Sistema y tiene una fase de aprendizaje en la configuración de trazas de referencia.

- o Auto descubre nuevos instrumentos conectados al Sistema (RTU, Estación Cliente)
- o Provisionamiento automático de puertos ópticos detectados (para nuevas fibras de monitoreo).
- o Periodos de aprendizaje para la configuración de los parámetros ópticos de las fibras de supervisión.

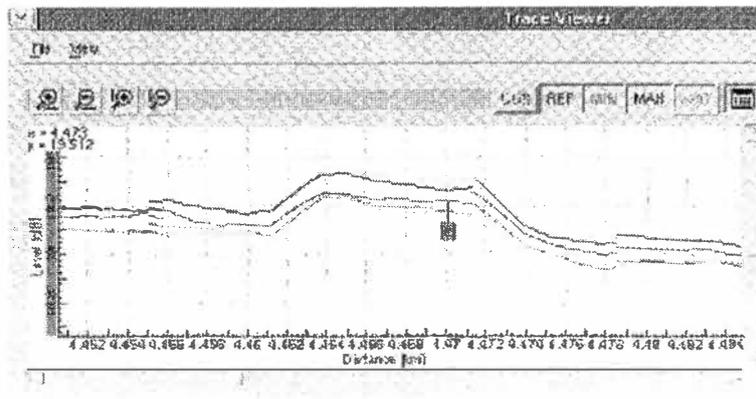


Fig. 5.5 Tomando el valor promedio de trazas de referencia en la fase de aprendizaje

5.3 ELEMENTOS DEL NQMS FIBER

5.3.1 Servidor del NQMSfiber (DCC: Data Collection Center)

Es un Servidor centralizado y el software aplicativo es basado en un sistema de administración de base de datos relacional (RDBMS) y puede operar con GIS basado en MapInfo (OSPInSight).

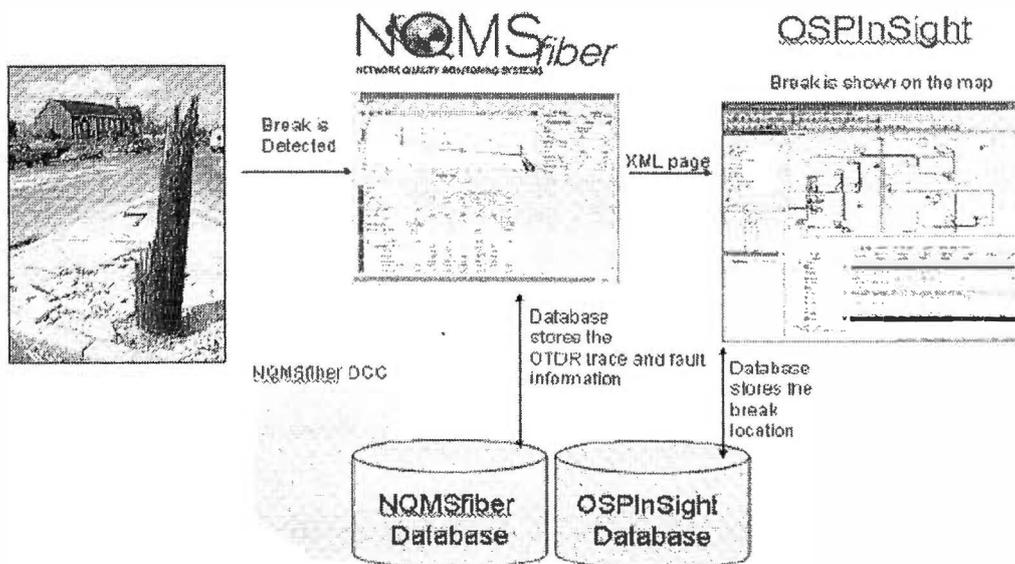


Fig. 5.6 Arquitectura del servidor NQMSfiber

Tabla 5.1 Características del hardware del Servidor

Specification	Description
Width	19" rack-mountable
Rack mount kit	Rack mounting adapters available for 19 and 23 inch racks.
CPU	1 Intel Xeon 5110, 1.66GHz DUALCORE 64BITS or equivalent
RAM	5 GB RAM
Ethernet	One (1) Ethernet 10/100/1000 mbps port.
USB	Four (4) 2.0 ports
Power supply	Dual redundant power supply 100-240 VAC.
Hard Disk	5 x 80 GB hot-swappable, SAS
RAID 0, 1	RAID levels 0 and 1, 1+0 (stripe of mirrors)
Environmental	Operating temperature 0 to 35 deg C Storage Temperature -40 to 70 deg C Vibrations 1.5 G from 10 to 500 Hz
Certifications	CE, CSA, UL, WEEE, ROHS
Warranty	3-year Worldwide On-Site & Next day – manufacturer original warranty

5.3.2 RTU del NQMSfiber (THC: Test Head Controller)

La RTU contiene 02 módulos: el THC (Test Head Controller) que es el sistema computarizado y el OTH (Optical Test Head) donde se ubica el OTDR y el OTAU (Switch Óptico).

Las características de **hardware** de la THC es la siguiente:

- Para se montado en rack de 19", 12" (38 cm.) de profundidad y 3U de altura.
- Procesador Pentium III de 800 MHz o mayor.
- RAM de 512 MB o mayor.
- Dos (2) puertos Ethernet.
- Modem Dial-up
- Alimentación AC estándar o fuente de poder DC (adicional).
- Mínimo 10 GB Disco Duro.
- RAID 0 (estándar)
- UPS (opcional por alimentación AC).
- De 1 a 8 ó 16 puertos ópticos
- 4 leds indicadores frontales.

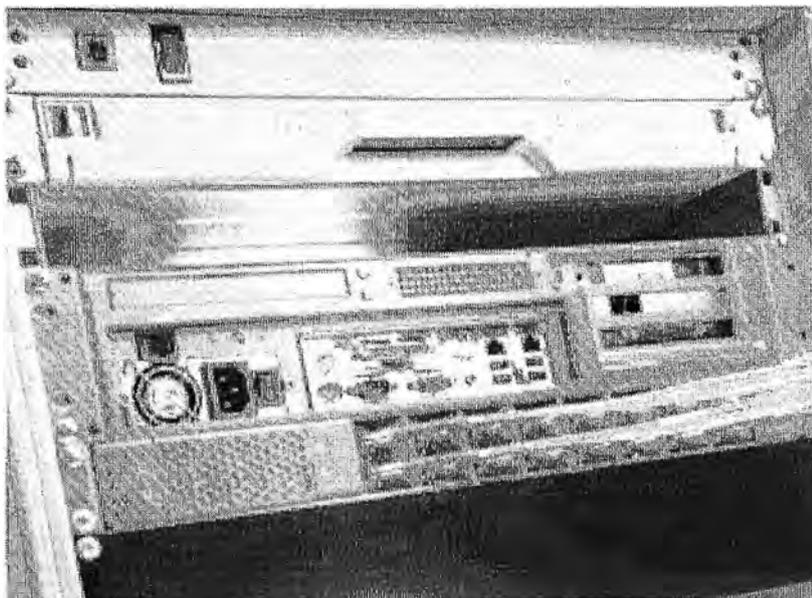


Fig. 5.7 Foto de una nueva RTU (THC)

Tabla 5.2 características del módulo OTDR

RTU-720-xxxL Specifications (preliminary)¹	
Fiber type	Single-mode
Wavelengths (nm) (1 or 2)	1310/1550/1625
OTDR Dynamic Range (dB) 1310nm/1550nm/1625nm	-41/41 SNR=1, 3min avg, 20µs pulse
Number of internal optical ports	1/8/16
Number of external optical ports	4,8,16,.. up to 96
Optical Switch Loss (dB) @1550nm	0.8 <i>typical</i>
Dimensions (for 19" or 23" racks) (H x W x D)	1.4" x 17" x 12" 1.4cm x 17cm x 12 cm
Relay outputs (2)	Power and Unit Failures
Network Interface Cards (2)	10/100 Base-T Ethernet
LED front indicators for status	4
Power supply (DC or AC)	-30 / -70 VDC/ 100-240 VAC, 50/60Hz
Software User Interface - local access, LAN and dial-up	RTU-WEB https:
Dimension (for 19", ETSI or 23" racks)	17" x 12" (WxD) 3U height
Protocol (client-server)	CORBA
●perating Temperature (°C)	0-50
Certifications	CE, CSA-UL, RohS

Para el acceso al **software de la RTU**, el nuevo sistema utiliza una Interfase de Usuario (UI) por Web, local o remoto. De manera similar a la RTU del RFTS (Fiber Visor), en el aplicativo de la nueva RTU, se puede realizar la configuración del equipo, visualizar el estatus del monitoreo y la condición de operatividad de sus elementos (THC, OTH, rutas de supervisión, etc.) y otras características adicionales.

En la figura siguiente, se muestra el aplicativo del NQMSfiber de la RTU, donde muestra el estatus del hardware del equipo.

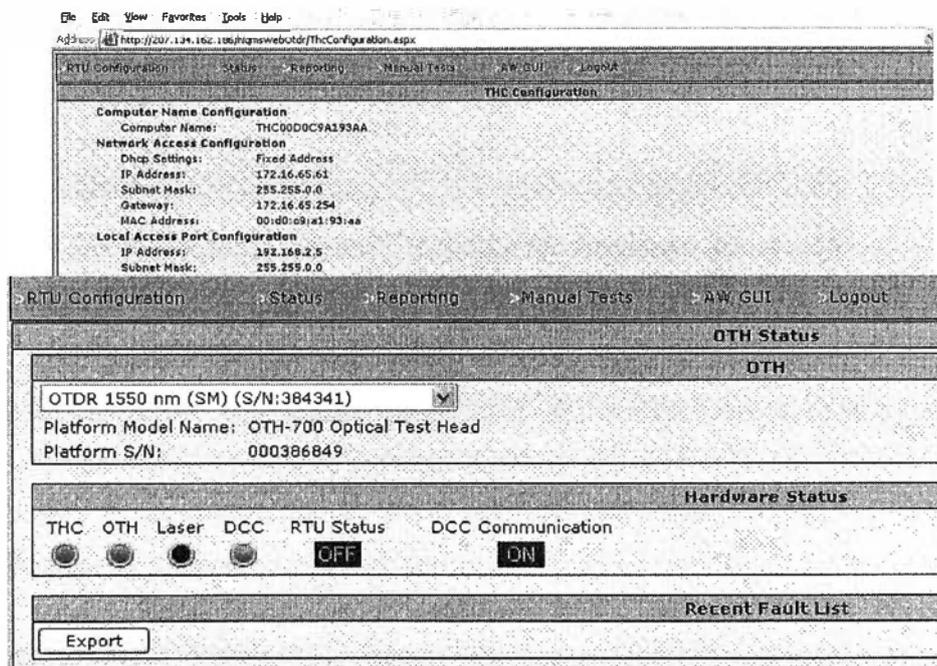


Fig. 5.8 estatus del hardware en el aplicativo de la RTU

En el gráfico adjunto, se muestra el estatus de las fibras o rutas de supervisión.

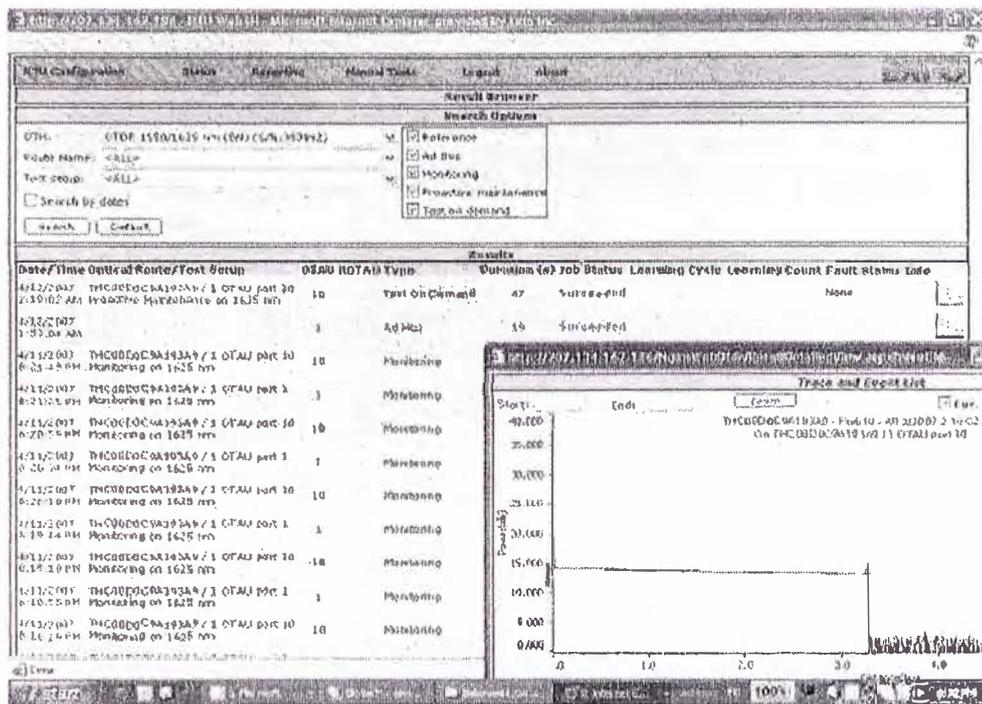


Fig. 5.9 estatus del monitoreo de las fibras de supervisión

5.3.3 Estación Cliente del NQMSfiber (AW: Administrative Workstation)

La Estación Cliente (AW) es una interfase de usuario por PC o por acceso a Web, que permite el acceso al Servidor (DCC) en modo de lectura o edición, de acuerdo a los privilegios del usuario. La AW provee la administración y gestión del Sistema.

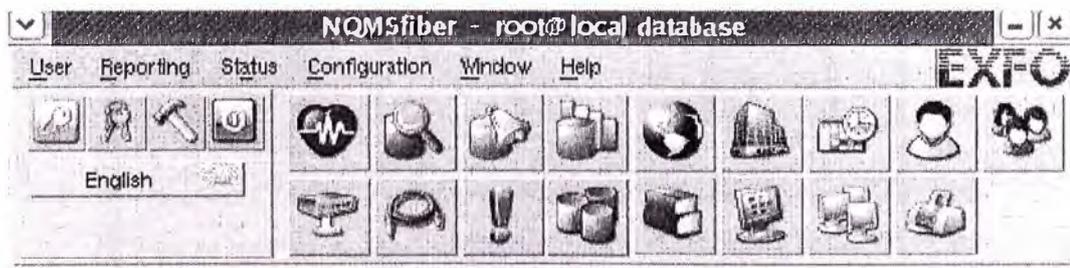


Fig. 5.10 ícono principal de acceso al NQMSfiber

Las características mínimas de hardware son las siguientes:

- ❑ Sistema Operativo Windows XP o Vista.
- ❑ Procesador Pentium IV, 3 GHz
- ❑ RAM 1 GB o mayor
- ❑ PC Desktop con monitor de 17", etc.

Mediante la Estación Cliente o Estación de Trabajo Administrativa (AW) del NQMSfiber, permite la configuración de los usuarios del sistema.



Fig. 5.11 ventana de configuración de usuarios del NQMSfiber

Asimismo, se gestiona el estado de las alarmas del Sistema.

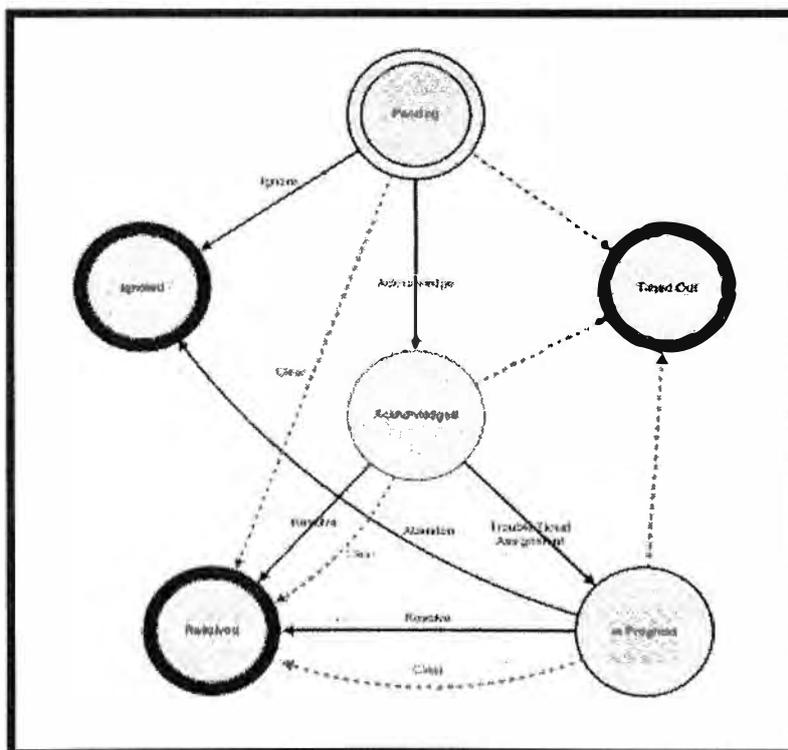


Fig. 5.12 Diagrama de gestión de alarmas del NQMSfiber

Y visualiza las alarmas detectadas en las fibras o rutas de supervisión.

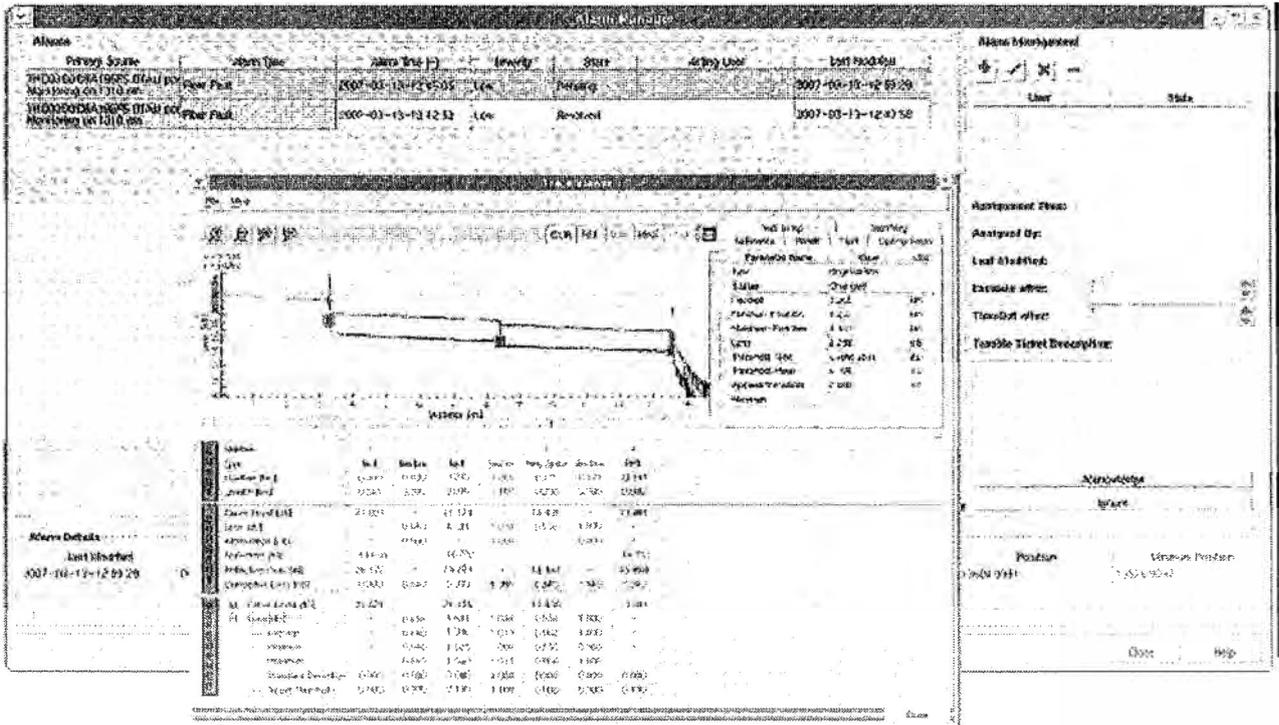


Fig. 5.13 ventana de visualización de alarmas del NQMSfiber

Al igual que el aplicativo Fiber Visor (RFTS), el nuevo Sistema administra las RTUs y las rutas de supervisión.

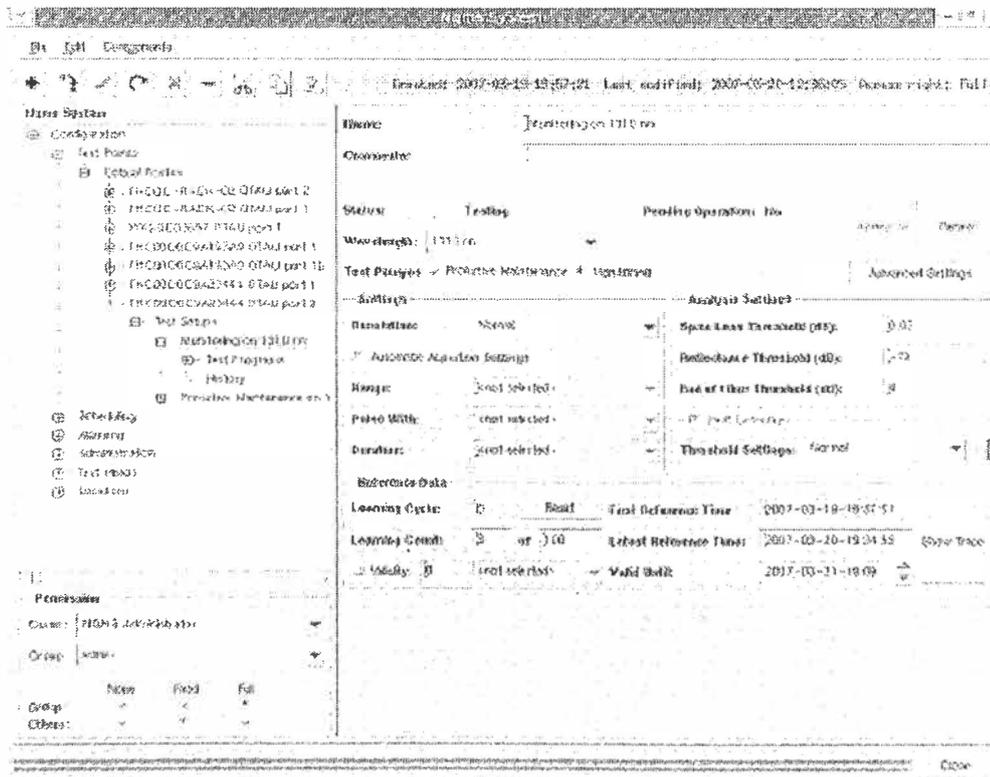


Fig. 5.14 ventana de administración de las RTUs del NQMSfiber

5.4 PROPUESTA DE MEJORA DEL RFTS

La propuesta del Proveedor para la migración del Sistema es la siguiente:

Fase 01:

- Nuevo Servidor y aplicación NQMS.
- 03 Estaciones de trabajo (AW) con licencias.
- 02 nuevas RTUs (THCs) para reemplazar las existentes.
- Administración del NQMSfiber para las alarmas del Fiber Visor del RFTS.
- 03 nuevas RTUs (THCs) para instalación en nuevas ubicaciones.
- Documentación de las redes basada en mapas (GIS).

Fase 02:

- Suministro e instalación de 10 nuevas RTUs (THCs) por año.
- Licencias por cada RTU (THC).

En el gráfico adjunto se muestra el esquema general del nuevo Sistema NQMSfiber en convivencia con el Sistema actual RFTS Fiber Visor, para su futura migración.

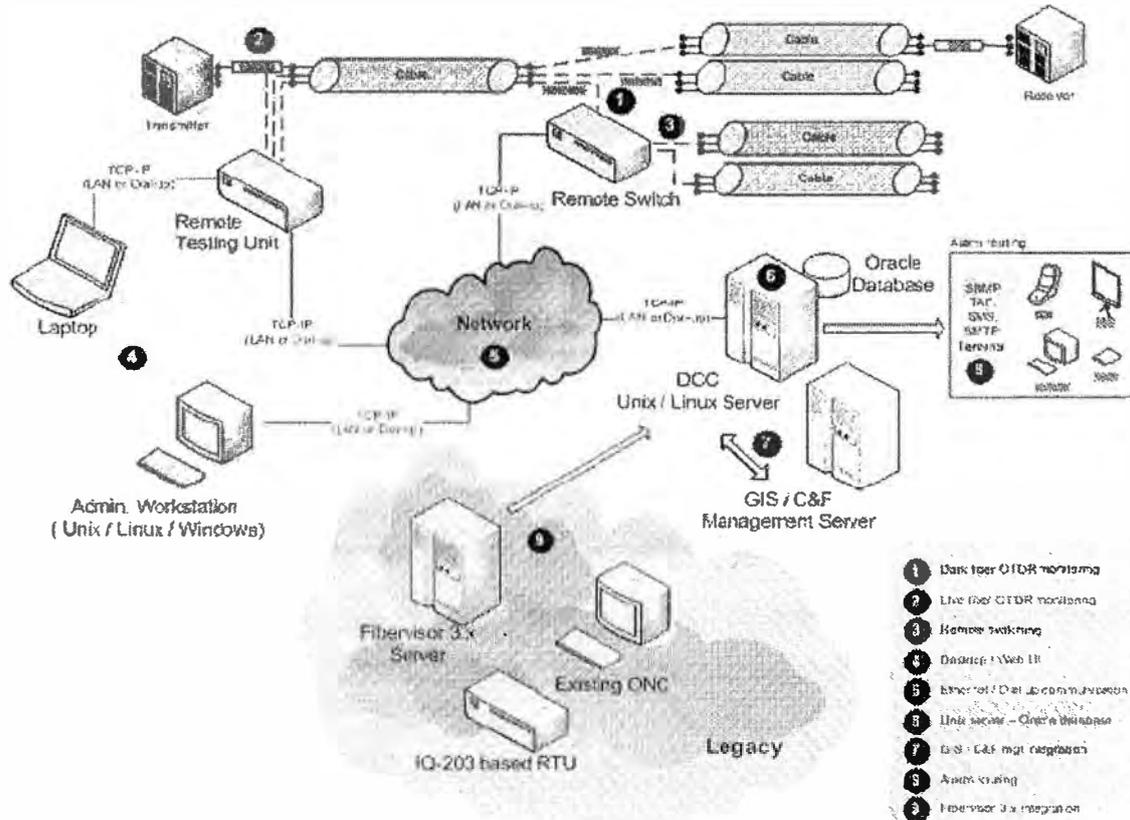


Fig. 5.15 Esquema de migración del sistema actual RFTS al sistema NQMSfiber

El presupuesto estimado para la mejora y migración del RFTS (Fiber Visor) al nuevo sistema NQMSfiber, es el siguiente:

Tabla 5.3 Detalle de la fase 1

Fase 1		
Item	Equipamiento	Total US\$
1	Servidor NQMSfiber DCC	40,676
2	Equipamiento de 05 RTUs (THCs)	167,231
3	03 Estaciones de Trabajo (AWs)	17,280
4	Instalación del NQMSfiber y Servicios	26,000
5	Servicios de Soporte y Mantenimiento (por 1 año)	4,584
6	Servicios adicionales (garantía extendida, kit de repuesto de partes)	29,426
7	Implementación GIS	36,291
TOTAL		321,487

Tabla 5.4 Detalle de la fase 2

Fase 2		
Item	Equipamiento x 10 RTUs	Total US\$
1	Licencias	27,000
2	Equipamiento de RTUs (THCs)	343,350
TOTAL		370,350

Por lo tanto tenemos:

Reemplazo de 19 RTUs + 06 nuevas RTUs = 25 RTUs 05 RTUs Fase 1 y 20 RTUs Fase 2

Total Fase 1 (01 año)	321,487
Total Fase 2 (02 años)	740,700
TOTAL PRESUPUESTO DE MEJORA RFTS (US\$)	1'062,187

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la actualidad las redes de Telecomunicaciones son vulnerables al vandalismo y robos por personas lucrativas y de mal vivir, que ven a estas redes como un negocio rentable para sus propósitos personales. Este tipo de atentado a la propiedad, es principalmente para las redes de cobre, pero a consecuencia de estas actividades, las redes de fibra óptica también son afectadas. Cuando se producen actos vandálicos en la red de cobre, la fibra óptica es afectada por equivocación o por un acto delictivo con intención para interrumpir las comunicaciones o los servicios de Telecomunicaciones a gran escala.

Otras actividades que afectan o dañan las instalaciones de las redes de fibra óptica, son las obras de canalización por instalaciones de otros servicios básicos, como son los servicios de agua y desagüe, de luz o de gas, o también obras de mantenimiento o reconstrucción de carreteras, puentes u otras estructuras fuera de la zona urbana, por donde existe las instalaciones de la Fibra Óptica Nacional.

El sistema de supervisión o monitoreo del medio físico de fibra óptica, es un mecanismo necesario para nuestra realidad en el país, debido a la vulnerabilidad de las instalaciones. A pesar de poder tener en el futuro, anillos ópticos de respaldo, siempre va ha ser necesario, la ubicación física del daño a la fibra óptica, debido a la complejidad de las redes y el alto tráfico que discurre por este medio. La alternativa del respaldo de las redes ópticas, generalmente no cubren al 100% todo el tráfico principal de un enlace afectado.

Por lo tanto, es recomendable que las Operadoras actuales y en etapa de crecimiento o construcción, cuenten con este tipo de sistema de monitoreo, para mantener la operatividad y continuidad de sus redes ópticas, que serán el soporte de las Telecomunicaciones en el país.

- Si un operador de Telecomunicaciones, no cuenta con un Sistema de Monitoreo en su red de fibra óptica, para la ubicación de un fallo en la red, tendrían que trasladar personal y equipamiento de medición, para la determinación y localización del evento, a un punto más cercano a la posible ubicación del fallo. Esta utilización de recursos, trae como consecuencia elevados costos de mantenimiento y el incremento del lucro cesante, por la pérdida del tráfico interrumpido.

Por consiguiente, si bien la inversión es elevada para la implementación de este tipo de Sistemas, se justifica por el ahorro o la reducción de los costos de mantenimiento, al tener una red monitoreada, los tiempos de localización y ubicación de los fallos en la red, se reducen significativamente y permitiendo también la reducción de los tiempos de incomunicación de los servicios de Telecomunicaciones afectados por dichos eventos.

- En un futuro próximo, este tipo de Sistemas de Monitoreo, tendrá su aplicación para la supervisión de las redes ópticas pasivas (PON), que debido a su complejidad, el mantenimiento de estas redes, será más complicado que las redes actuales de fibra óptica e inclusive que las redes de cobre, debido a sus elementos pasivos (divisores ópticos). Los accesos de los clientes no serán punto a punto como en las redes actuales, al contrario, compartirán un mismo medio de fibra óptica, lo cual, dificultará la ubicación de los fallos a nivel físico en la red. El Sistema de monitoreo, mediante elementos refractores ópticos instalados en las terminaciones de los clientes, podrá detectar y discriminar un fallo por cada cliente.

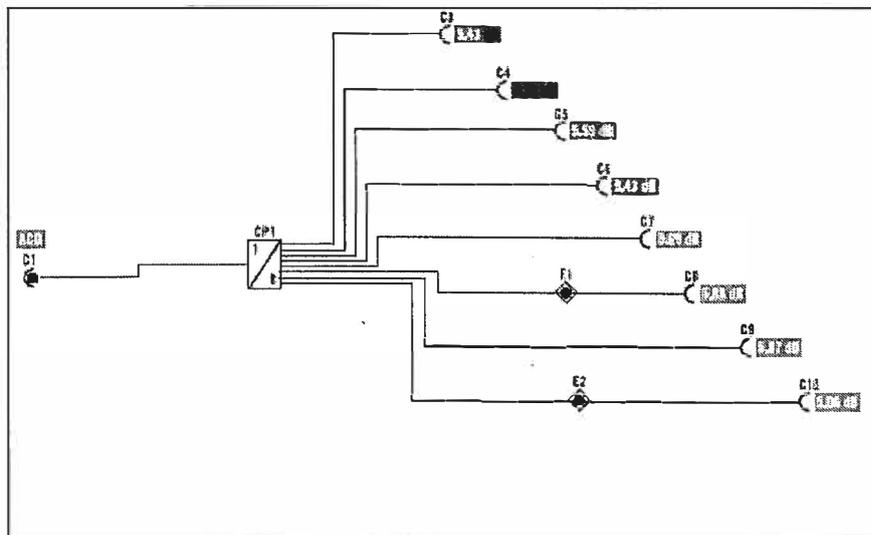


Fig. 1 diagrama de divisor óptico y terminaciones de clientes (PON)

En la Fig. 1, se observa una posible distribución de clientes finales, en una red óptica pasiva (PON) y el Fig. 2, se tendría la traza reflectométrica de la red, donde se verifica la posición de cada cliente por la distancia respecto al divisor óptico y por los valores de reflectancia de cada uno de ellos.

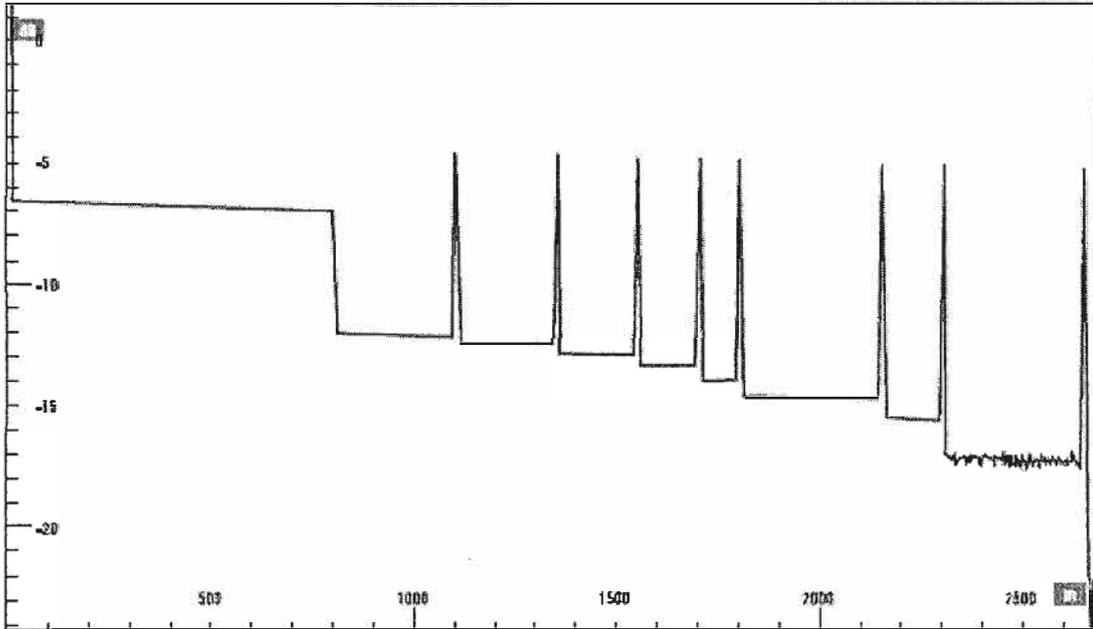


Fig. 2 traza reflectométrica de divisor óptico y terminaciones de clientes (PON)

En la Fig. 3, se observa la detección de una atenuación en un determinado tramo de un cliente. La Fig. 4 muestra el detalle de la medición.

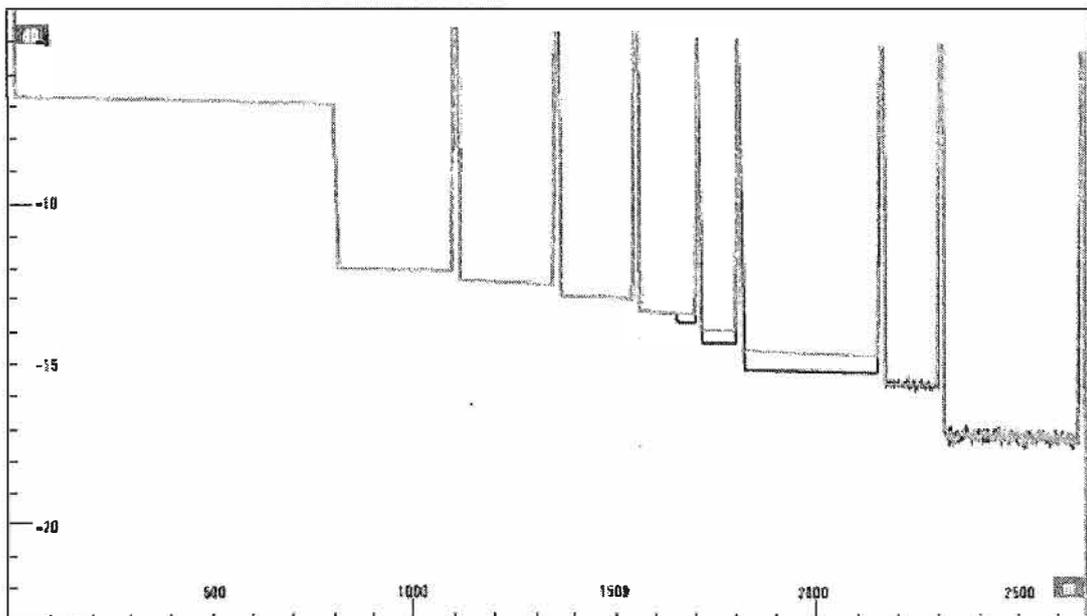


Fig. 3 Detección de una atenuación óptica en una red óptica pasiva (PON)

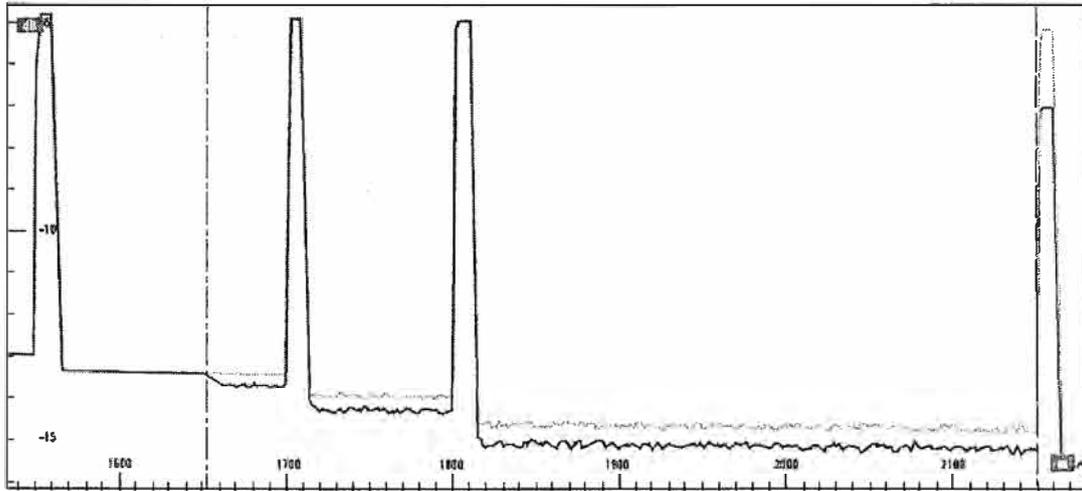


Fig. 4 *Detalle de la atenuación óptica*

ANEXO A

A) ELEMENTOS PASIVOS DE REDES DE FIBRA ÓPTICA

Las redes de Fibra Óptica mencionadas contienen diferentes elementos pasivos para la conectividad de un Sistema de Transmisión por Fibra Óptica:

- Cables de Fibra Óptica
- Empalmes de Fibra Óptica
- Terminales de Fibra Óptica

1. Cables de Fibra Óptica

Los cables de F.O. son elementos que están constituidos por una o más fibras bajo la protección de una estructura compacta.

Existen dos tipos:

- Estructura clásica
- Estructura de cintas (en TdP no se utiliza)

Estructura Clásica

Aplica técnicas tradicionales usadas en los cables metálicos. Existen tres partes diferenciadas:

- Elemento central de refuerzo
- Fibras Ópticas
- Cubiertas

Elemento central de refuerzo

Sirve para dar consistencia al cable y para que pueda soportar la tensión de tiro durante la instalación. Puede ser de acero o kevlar.

Fibras Ópticas

Para dotarlas de resistencia mecánica, son protegidas con dos tipos de protección:

- Protección primaria
- Protección secundaria

Protección primaria

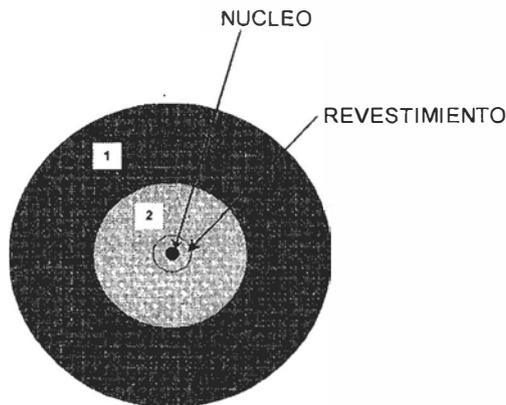
Consiste en disponer sobre la fibra un recubrimiento de acrilato o silicona, y está coloreada según un código de colores.

Protección secundaria

Consiste en la extrucción sobre la fibra de un tubo plástico. Dependiendo del tubo las fibras se clasifican en:

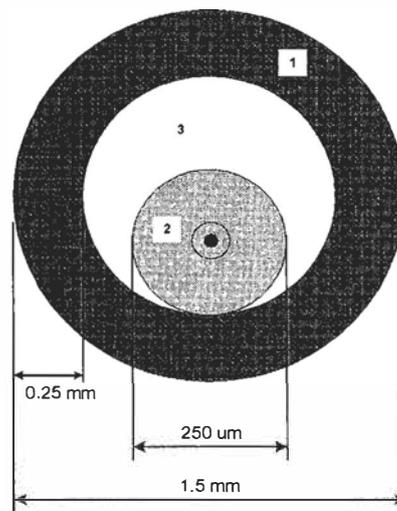
- ✓ Fibras con protección ajustada (multimodo)
- ✓ Fibras con protección holgada (monomodo)

FIBRAS CON PROTECCION AJUSTADA



- 1. 2da. Protección: Material plástico de alto módulo de Young
- 2. 1ra. Protección: Silicona, acrílato

FIBRAS CON PROTECCION HOLGADA



- 1. 2da. Protección: Material plástico de alto módulo de Young
- 2. 1ra. Protección: Silicona, acrílato u otro material
- 3. Compuesto de relleno hidrófugo

Fig. A.1 Esquemático del tipo de protección de fibras

Cubiertas

Son de los tipos siguientes:

- PEAP (Polietileno-Estanco-Aluminio-Polietileno)
- PKP (Polietileno-fibras de aramida-Polietileno)
- PESP (Polietileno-Estanco-Acero-Polietileno)
- PKESP (Poliet.-fib. aramida-Estanco-Acero-Poliet.)
- PUKPU (Poliuretano-fib. aramida-Poliuretano)
- PKCP (Poliet.-fib. aramida-Cinta antibala-Poliet.)

Los cables de tubos monofibras (ajustada) el máximo de fibras será de 16.
En los cables de tubos multifibras (holgada), las capacidades de los cables más usuales son de 4, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96 y 128 fibras.

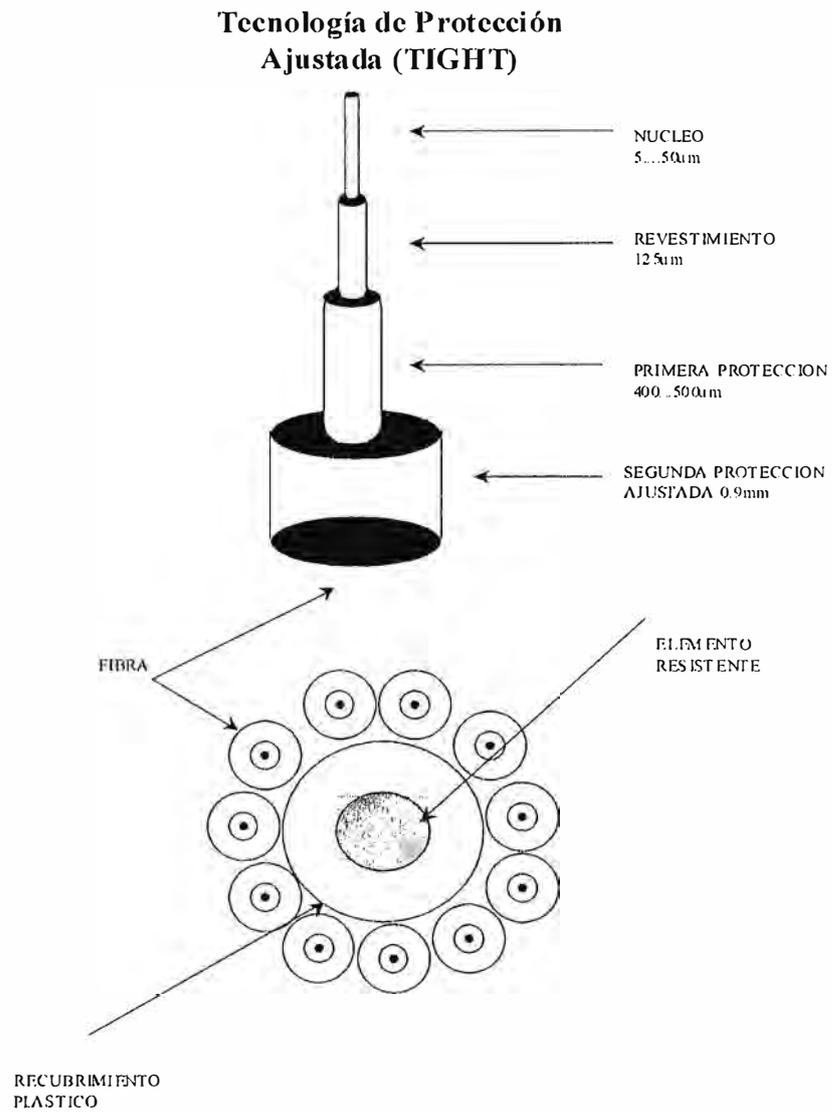


Fig. A.2 Esquemático de cable F.O. con protección ajustada

Tecnología de Tubos Holgados Cableados (Loose Tube)

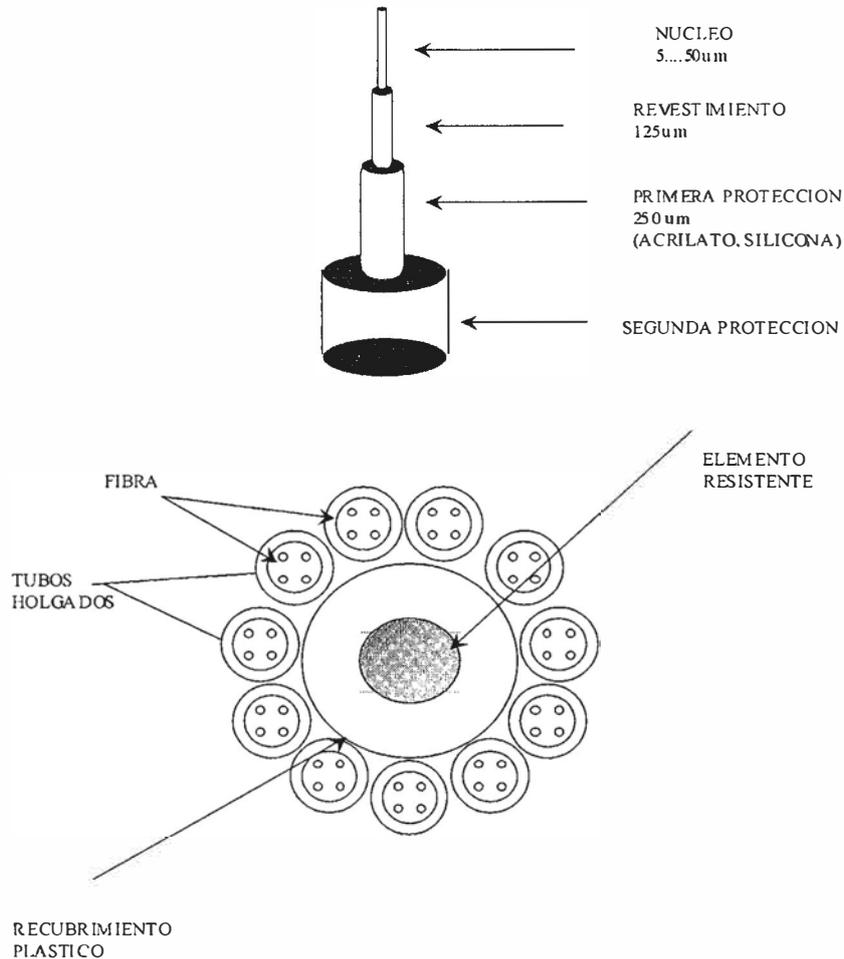


Fig. A.3 Esquemático de cable F.O. con protección holgada

Cable Monofibra

Están constituidos por una sola fibra. Se usan para prolongar los cables multifibras hasta los equipos de transmisión.

El cable multifibras se empalma con tantos cables monofibra como fibras tiene en el Repartidor Óptico.

CABLE MONOFIBRA

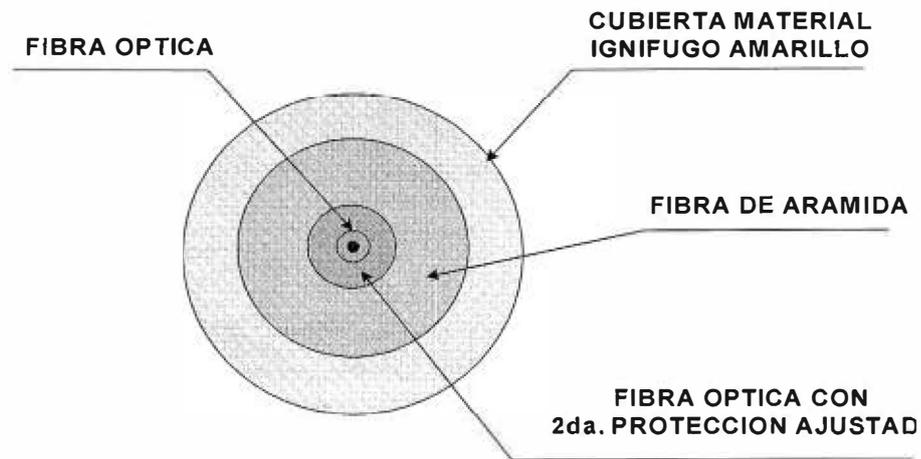


Fig. A.4 Partes de una cable monofibra

Identificación de las fibras

Las fibras ópticas están enrolladas en hélice alrededor del elemento central. La identificación de las fibras dentro de la 1ra. y 2da. protección están codificadas por colores, según sean cables de F.O. multimodo o monomodo.

El código de colores para un cable de F.O. monomodo es el siguiente:

TUBO	COLOR
1	Blanco
2	Rojo
3	Azul
4	Verde
FIBRA	COLOR
1	Verde
2	Rojo
3	Azul
4	Amarillo
5	Gris
6	Violeta
7	Marrón
8	Naranja

Ejemplo de cables de Fibra Óptica:

Cable de 24 F.O. con fibras ajustadas:

Cable de 24 fibras ópticas

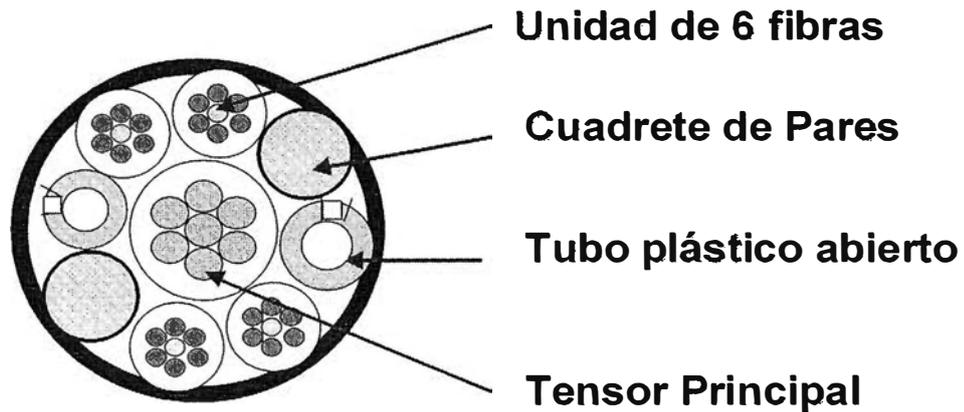


Fig. A.5 ejemplo de partes de un cable 24 F.O.

Cables de F.O. con fibras holgadas:

CABLES RELLENOS

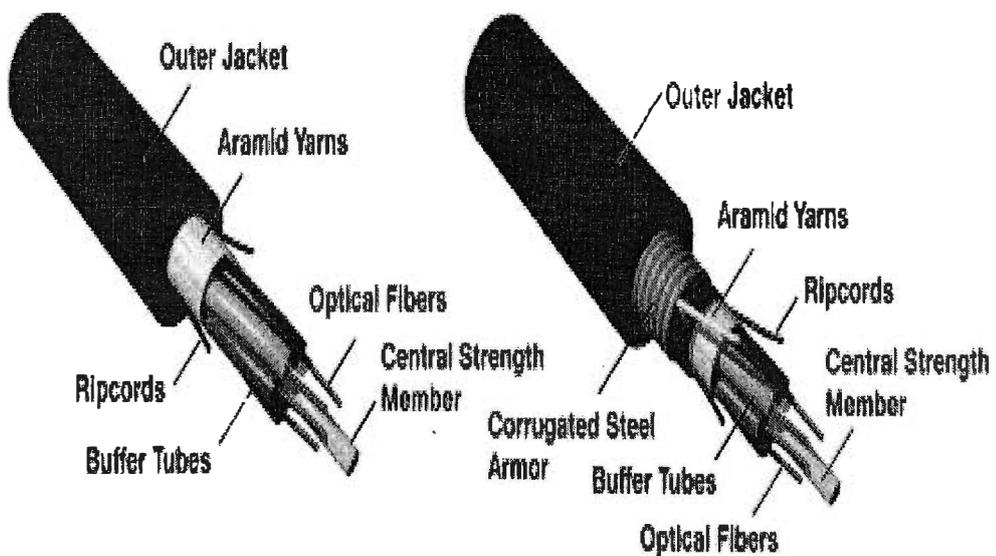


Fig. A.6 ejemplo de partes de cables rellenos de F.O.

2. Empalmes de Fibra Óptica

Los empalmes de Fibra Óptica corresponden a la unión o interconexión de dos cables de F.O. y el empalme propiamente dicho, de las fibras de los cables.

El elemento pasivo que alberga la interconexión de los cables y empalmes de las fibras, es llamado *caja de empalme*, la cual varía su tamaño y capacidad, dependiendo de la capacidad de los cables a empalmar.

Para los empalmes de las fibras ópticas de los cables, existen dos métodos:

- Empalme mecánico (usados en forma temporal o provisional).
- Empalme de fusión por arco eléctrico.

El empalme mecánico es realizado mediante un conector especial para la unión de las fibras, en el cual se colocan las fibras a empalmar y con un elemento de prensado, las fibras quedan sujetas en el conector.

Este tipo de conector mecánico, da una pérdidas de empalme entre 0.10 a 0.30 dB

Los empalmes de fusión por arco eléctrico, es realizado mediante una maquina de empalme, la cual realiza el empalme de las fibras en forma automática, empleando un arco eléctrico de alto voltaje, para la fusión microscópica de la fibra.

El proceso para la fusión de las fibras es mediante un Sistema de Alineación de Perfiles (PAS), tal como se muestra en la figura.

Principio de PAS (Sistema de Alineación de Perfiles) del Empalmador

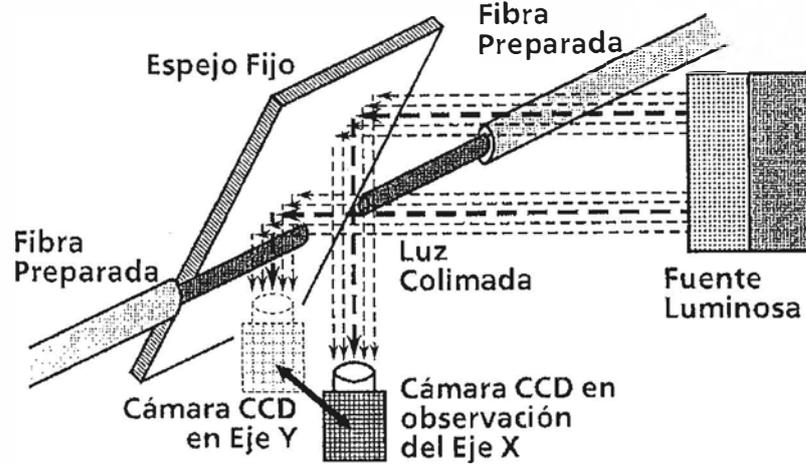


Fig. A.7 Esquema del principio PAS

Se muestra del alineamiento de las fibras en el monitor de la Máquina de Empalme.

Alineación por PAS Núcleo a Núcleo de Fibras Monomodo

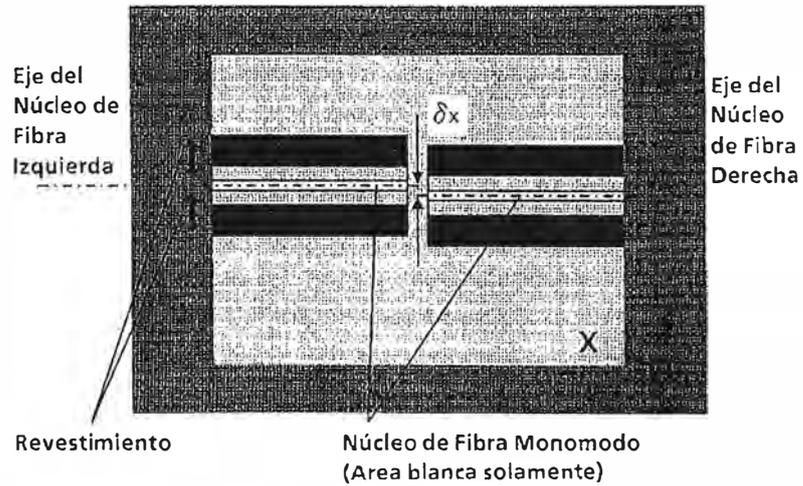
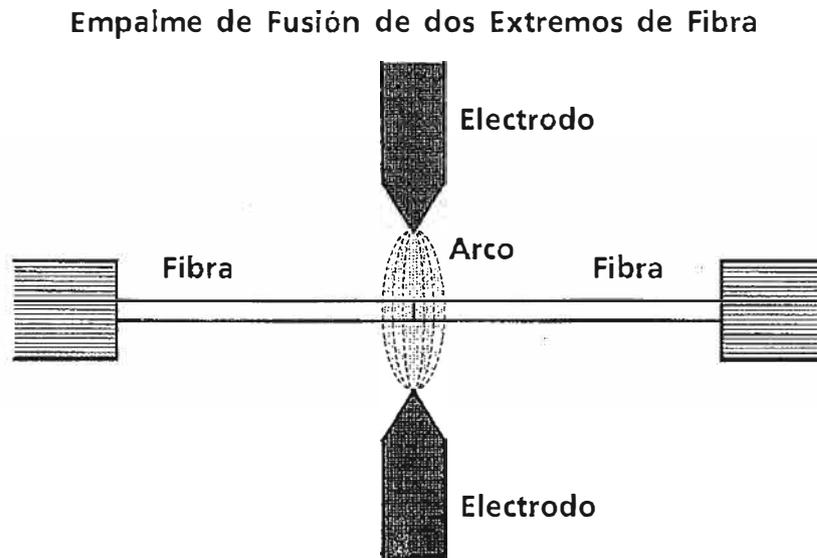


Fig. A.8 Esquema de la alineación de las fibras en monitor

Y la fusión de los extremos de las fibras, la realiza mediante dos electrodos eléctricos.



Este tipo de empalmes por fusión, da valores muy pequeños de pérdida de empalme entre 0.0 a 0.15 dB

3. Terminales de Fibra Óptica

Las terminales o terminaciones de las fibras de los cables de Fibra Óptica, se agrupan u organizan en Repartidores Ópticos Modulares u ODF's (Bastidor Distribuidor Óptico), en el cual, las fibras terminan en conectores ópticos.

Los diferentes tipos de conectores, dependen de la aplicación de la fibra en un determinado Sistema de transmisión.

Existen **conectores ópticos** de tecnología FC/PC, FC/SPC, FC/UPC o FC/APC en redes SDH, otros de tipo SC/APC para aplicaciones en redes CATV u otros más antiguos de tecnología ST/PC para transmisión de datos en clientes.

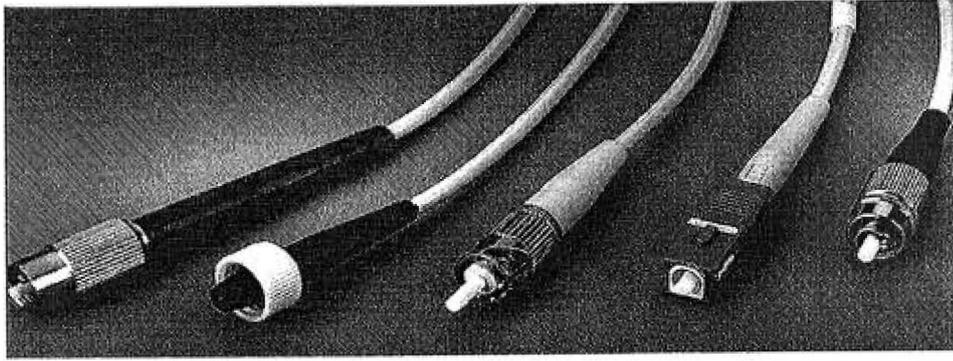


Fig. A.10 variedad de conectores ópticos

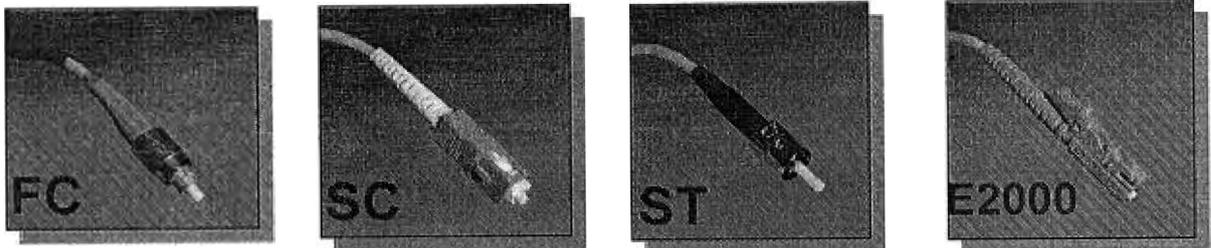


Fig. A.11 conectores ópticos más usados en el mercado

Una tabla de las características de los conectores ópticos:

Simplex Connectors							
							
Connector Name	FC	ST	SC	E2000	D4	SMA	BICONIC
Typical IL (not AP-C) in dB	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.25	0.3
Typical ORL in dB	65(APC) 50 (UPC)	50	65(APC) 50 (UPC)		45	30	30
Polishing	SPC/UPC/ APC	SPC/UPC	SPC/UPC/ APC	SPC/UPC/ APC	SPC/UPC	FLAT	FLAT

Fig. A.12 Características de conectores ópticos

Un tipo de **Repartidor Óptico** utilizado en TdP es del tipo Modular, el cual consiste en un bastidor vertical, en donde se alojan bandejas de conectores y bandejas de empalmes, de acuerdo a las dimensiones del Repartidor.

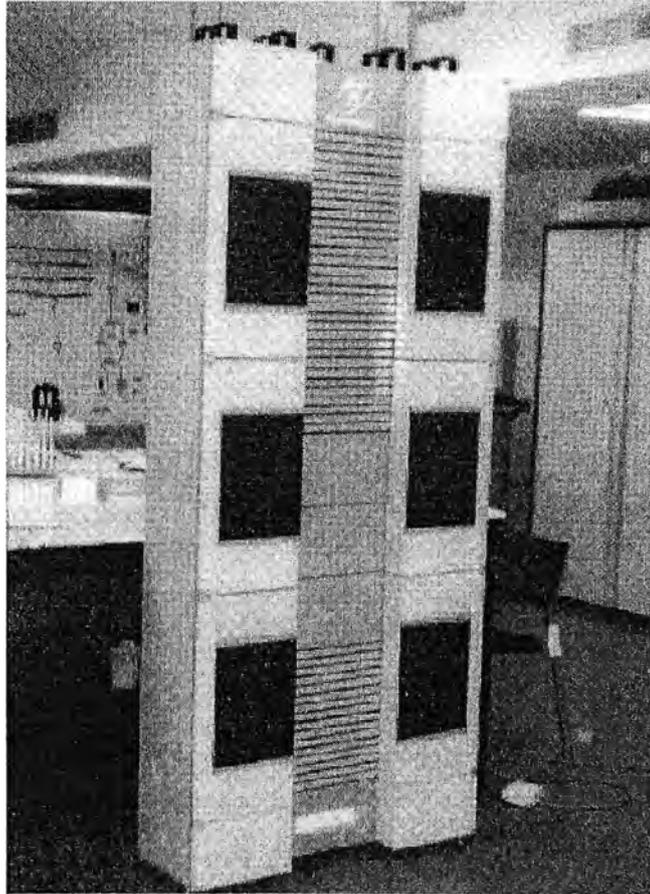


Fig. A.13 Repartidor Óptico marca Mondragón

ANEXO B

B) REFLECTÓMETRO ÓPTICO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (OTDR)

Es un equipo de medición que permite mostrar las características intrínsecas y extrínsecas de la fibra. Entre sus principales características tenemos:

- Determina la longitud de la fibra óptica.
- Localiza rupturas de fibra, anomalías, empalmes y conectores.
- Mide la atenuación de las fibras, empalmes y conectores.
- Evalúa la uniformidad de la fibra.
- Mantiene el sistema de cableado por comparaciones periódicas con las marcas iniciales grabadas vía software e interfaces de computadoras.
- Requiere una sola persona para su operación.

La tecnología del OTDR para caracterizar un a fibra, es basada en la detección de pequeñas señales de luz que retornan al OTDR en respuesta a la inyección de una señal de mayor potencia. El proceso es similar a la tecnología de un radar. Por estas consideraciones, el OTDR depende de dos tipos de fenómenos ópticos: Dispersión (Scattering) de Rayleigh y Reflexión de Fresnel.

1. Dispersión de Rayleigh y Retrodispersión

Cuando un pulso de luz es inyectado dentro de una fibra, algunos de los fotones de luz son dispersados en direcciones aleatorias, debido a partículas microscópicas del material. Este efecto provee información de la longitud de la fibra (dB / Km.).

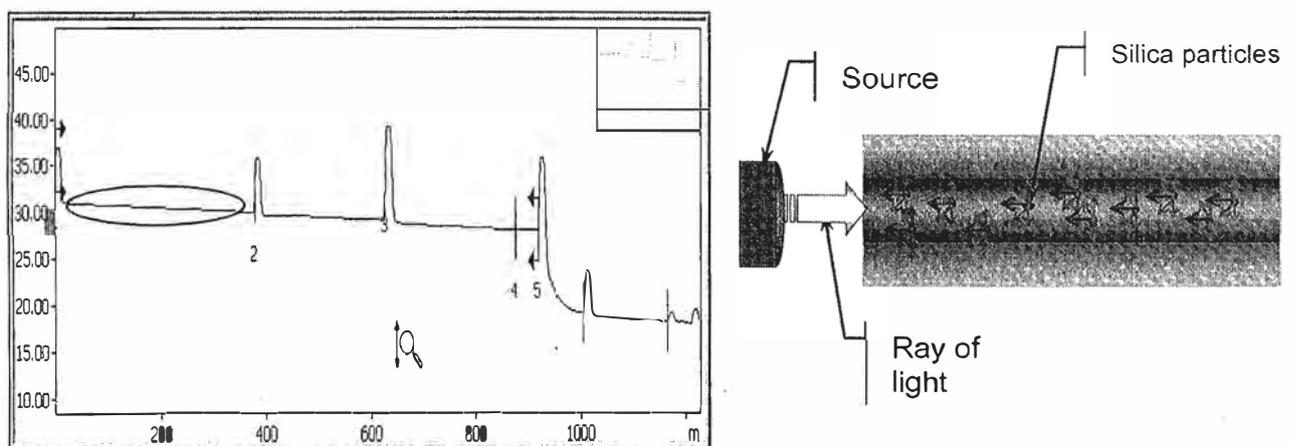


Fig. B.1 Detalle de la formación de la traza reflectométrica por efecto de la retrodispersión

2. Reflexión de Fresnel y Retroreflexión

La reflexión de Fresnel ocurre cuando la luz se refleja fuera de los límites de dos materiales transmisibles ópticos, teniendo cada una una diferente índice de refracción. Esos límites pueden estar en la unión de dos fibras en un empalme mecánico, en el extremo de una terminación de fibra o en un corte de la fibra.

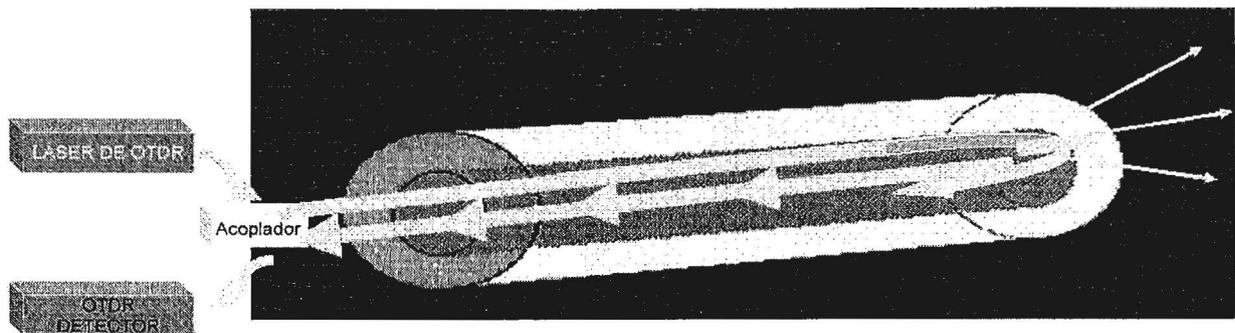


Fig. B.2 Reflexión de Fresnel

Con este fenómeno se producen los picos de reflexión en una traza reflectométrica.

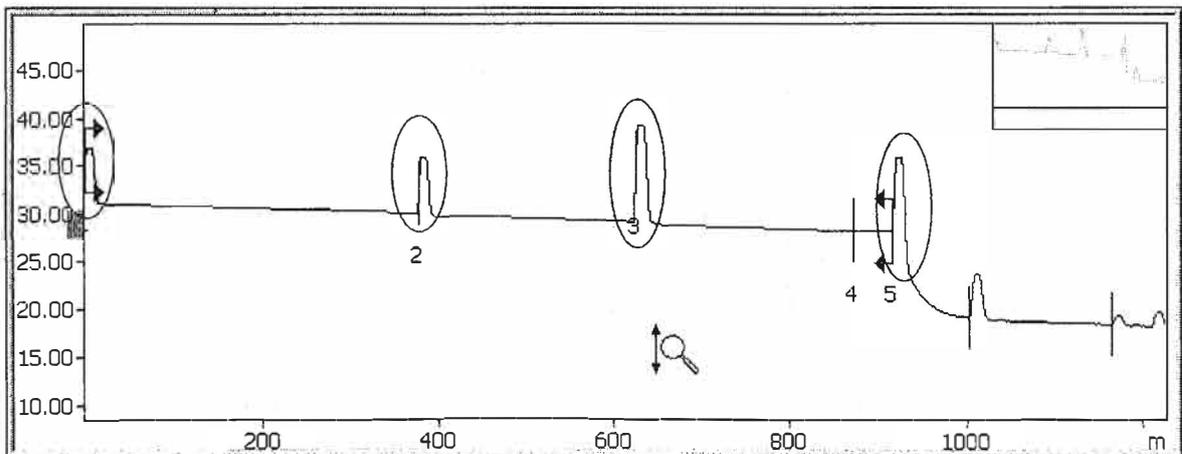


Fig. B.3 Detalle de la formación de la traza reflectométrica por efecto de la reflexión

3. Tecnología OTDR

El OTDR inyecta energía de luz dentro de la fibra, a través de un diodo láser y un generador de pulsos. La energía de luz retornada es separada de la señal inyectada usando un acoplador y alimenta a un fotodiodo. La señal óptica es convertida en una señal eléctrica, es amplificada, es muestreada y es mostrada en una pantalla o monitor.

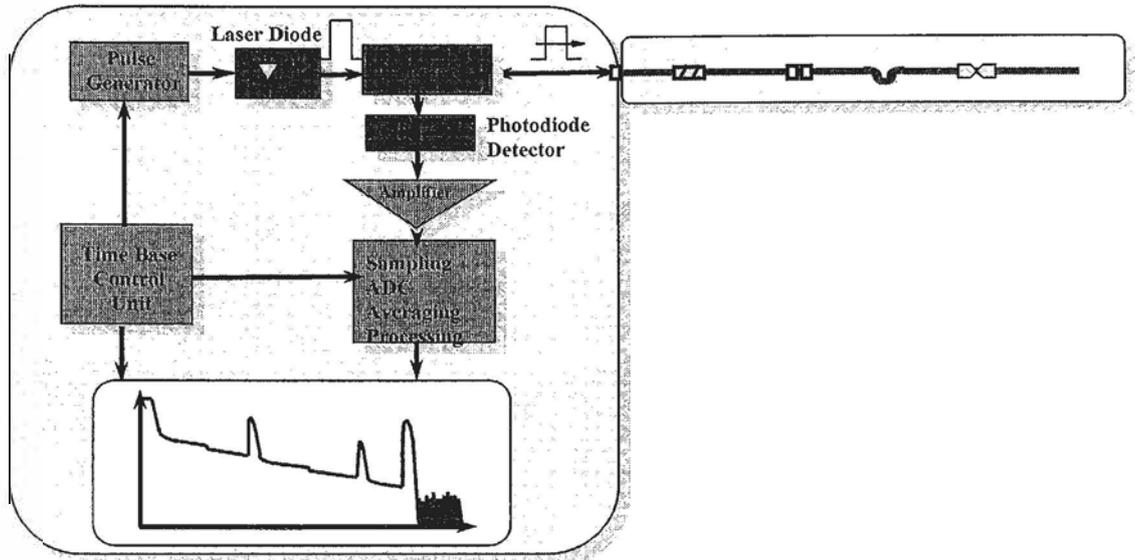


Fig. B.4 Esquema de la tecnología del OTDR

El OTDR muestra las características de la fibra medida: pérdidas de empalmes y conectores, reflectancias o reflexiones y distancias.

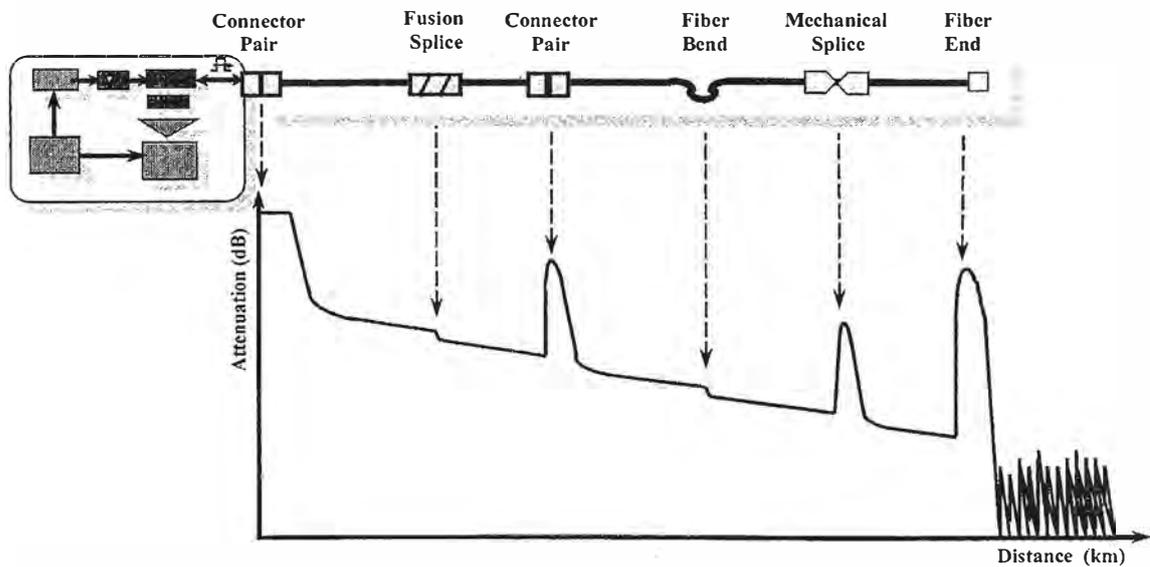


Fig. B.5 Características de una traza reflectométrica de un OTDR

En el gráfico adjunto se muestra un ejemplo de una traza reflectométrica, de un equipo de medición OTDR.

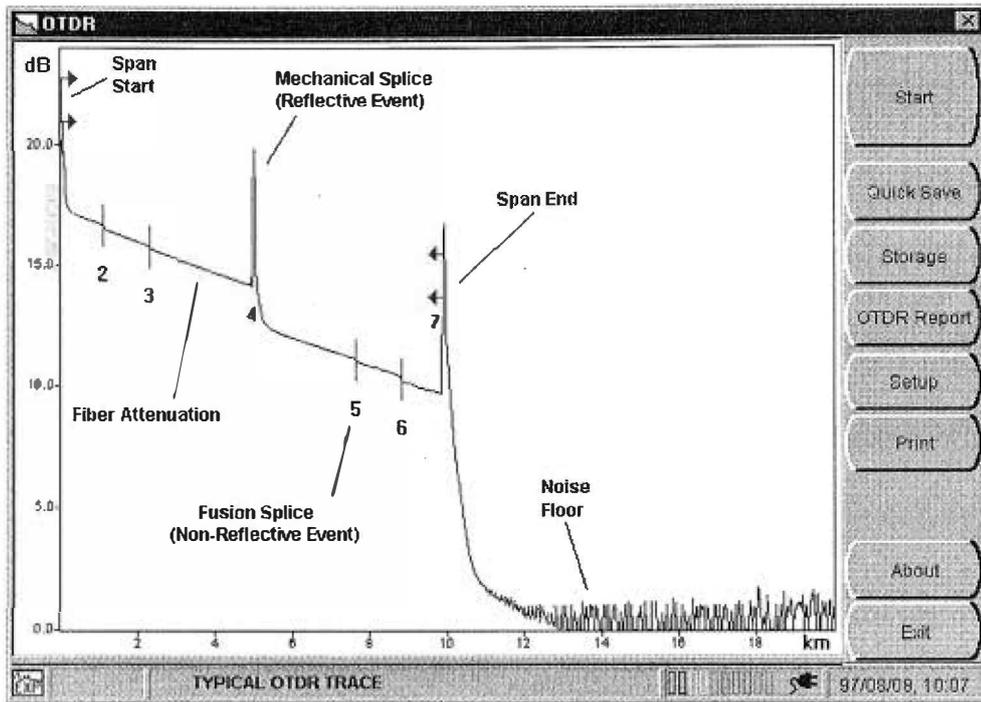


Fig. B.6 Traza reflectométrica de un OTDR

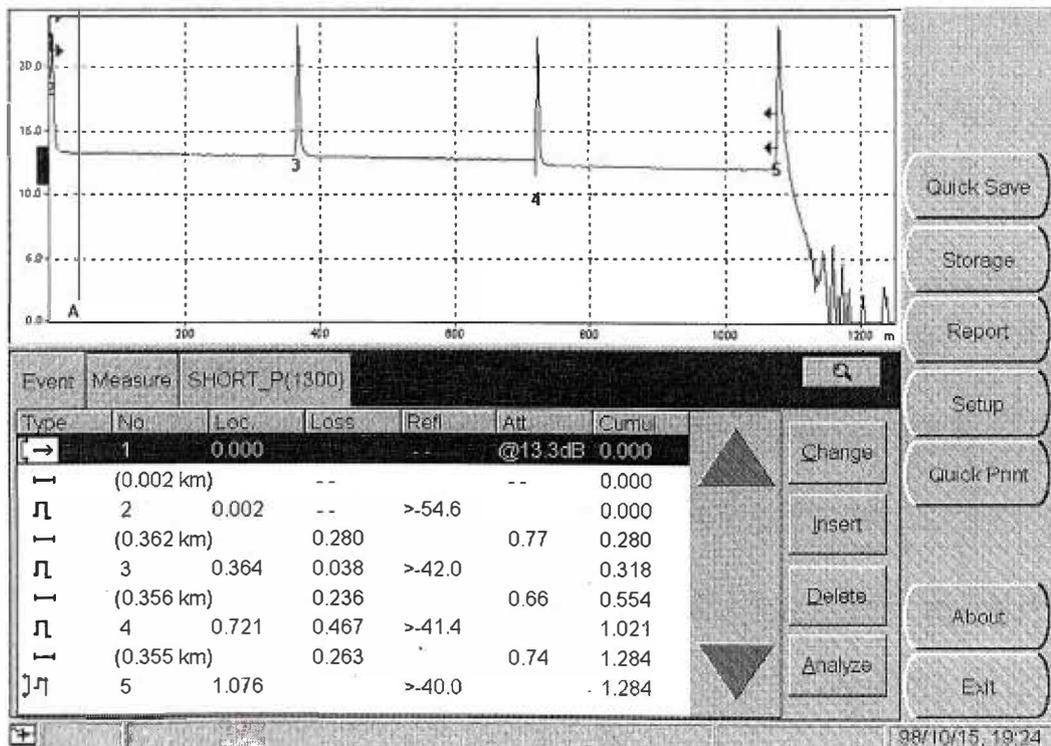


Fig. B.7 Traza reflectométrica de un OTDR

ANEXO C



C) PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN DEL RFTS Fiber Visor

1. Objetivo

El objetivo de este documento es presentar casos de pruebas a aplicar a un sistema RFTS recientemente instalado para probar su funcionalidad. La aplicación exitosa del presente protocolo de aceptación servirá como evidencia de que el Sistema es completamente funcional y que está listo para entregar al cliente.

Este documento cubre cada uno de los componentes principales del Sistema, dígase, el TSC, el ONC y las RTUs. Las pruebas de aceptación se repetirán para cada uno de estos componentes como parte de la implementación.

2. Protocolo de aceptación de pruebas del TSC

2.1 Detalle de la instalación y la configuración del TSC

Ver formulario de reconocimiento de instalación.

2.2 Protocolo de prueba del TSC

En esta sección se definen todas las pruebas relacionadas con el TSC que se deben realizar después de la instalación del Fiber Visor. También se proporcionarán criterios para cada prueba. El resultado exitoso de estas pruebas conducirá a la aceptación del Sistema por parte del cliente.

2.3 Comunicación TSC

Descripción de la prueba	Realizar diagnósticos (ping) en cada RTU y en cada ONC. El diagnóstico se debe ordenar en el incitador DOS, escribiendo "PING x.y.z.a" en espera de respuesta positiva. <ol style="list-style-type: none">1. Tumbes: 172.31.1.12. Talara: 172.31.2.13. Piura: 172.31.3.14. Chiclayo: 172.31.4.1
---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> 5. Trujillo: 172.31.5.1 6. Chimbote: 172.31.6.1 7. Huarney: 172.31.20.1 8. Huacho: 172.31.7.1 9. Lince: 172.31.8.1 10. Cañete: 172.31.9.1 11. Ica: 172.31.10.1 12. Nazca: 172.31.11.1 13. Chala: 172.31.21.1 14. Camaná: 172.31.12.1 15. Arequipa: 172.31.13.1 16. Mollendo: 172.31.14.1 17. Moquegua: 172.31.15.1 18. Tacna: 172.31.16.1 19. Juliaca: 172.31.17.1 20. ONC_F03: 172.31.8.10 21. ONC_F04: 172.31.8.11
Criterios de aceptación	Diagnóstico satisfactorio para cada RTU y ONC
Resultado	OK.

Descripción de la prueba	Realizar "Tracerouter" para cada RTU y ONC, y obtener las direcciones IP de todos los enrutadores y pasarelas.
Criterios de aceptación	Obtención exitosa de la lista de enrutadores y pasarelas para la comunicación con cada RTU y ONC.
Resultado	OK.

2.4 Transmisión de alarma TSC

Descripción de la prueba	Tras la recepción de una alarma, el TSC debe transmitirla al destinatario adecuado, que puede ser un pager (o PCS) y una dirección e-mail. El TSC puede enviar simultáneamente alarmas al pager y a la dirección e-mail o al PCS y la dirección e-mail.
Criterio de aceptación	Transmisión exitosa de la alarma al destinatario adecuado.
Resultado	OK.

2.5 Servidor de acceso remoto

El Servidor de acceso remoto (RAS) es necesario para establecer la conexión del grupo de asistencia técnica de EXFO con el servidor, con el fin de acceder al sistema para realizar depuraciones o brindar asistencia.

Descripción de la prueba	Con la autorización del cliente, activar el RAS y configurarlo para aceptar una conexión con una computadora del grupo de asistencia técnica de EXFO.
Criterio de aceptación	El grupo de asistencia técnica de EXFO de poder acceder al TSC del cliente de sus instalaciones en la ciudad de Québec – Canadá.
Resultado	OK.

2.6 Reinicializar el TSC

Descripción de la prueba	Cuando todo el sistema está en funcionamiento, reinicializar el TSC. Cuando se ha completado esta operación, verificar que existe una comunicación apropiada accediendo por vía remota a al menos una RTU y empleando al menos un ONC.
Criterio de aceptación	Comunicación exitosa con una RTU y un ONC.
Resultado	OK.

2.7 Aviso de conformidad y aceptación del TSC

Firmas respectivas de los representantes de EXFO y TdP.

3. Protocolo de aceptación de pruebas del ONC

3.1 Detalle de la instalación y la configuración del ONC

Ver formulario de reconocimiento de instalación.

3.2 Protocolo de prueba del ONC

En esta sección se definen todas las pruebas relacionadas con el ONC que se deben realizar después de la instalación del Fiber Visor. También se proporcionarán criterios para cada prueba. El resultado exitoso de estas pruebas conducirá a la aceptación del Sistema por parte del cliente.

3.3 Las RTUs y los cables

Descripción de la prueba	<p>Verificar que todas las RTU y los cables estén representados en el mapa.</p> <p>Verificar que todos los datos sobre las RTU, los cables y los trayectos son accesibles.</p> <p>Crear tres cables que comiencen en la RTU. Crear al menos dos fibras en cada cable.</p> <p>Crear un trayecto compuesto por la RTU y los tres cables.</p> <p>Cerrar un punto de segmentación en cada uno de los cables.</p> <p>Modificar la distancia óptica de los segmentos.</p> <p>Fusionar uno de los segmentos.</p> <p>Borrar el trayecto.</p> <p>Borrar los cables y RTU.</p>
Criterios de aceptación	Realización exitosa de todas las acciones antes mencionadas.
Resultado	OK.

3.4 Vista del hojeador (explorador)

Descripción de la prueba	<p>Utilizar la lista del hojeador:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que todas las RTU y los módulos asociados estén listados. ▪ Verificar que todas las curvas OTDR (de referencia, alarmas, etc.) sean accesibles.
Criterios de aceptación	Realización exitosa de todas las acciones antes mencionadas.
Resultado	OK.

3.5 Prueba sobre demanda

Descripción de la prueba	<p>Iniciar un comando de una prueba sobre demanda en una de las RTU.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que se complete la prueba y que se envíe la curva de regreso al TSC siendo accesible desde la vista del hojeador.
Criterio de aceptación	Realización exitosa de todas las acciones antes mencionadas.
Resultado	OK.

3.6 GIS

Descripción de la prueba	Asegurarse de que todas las temáticas estén cargadas. Hacer doble clic sobre un elemento y verificar que se representen sus propiedades. Verificar que las funciones <i>zoom in</i> , <i>zoom out</i> , <i>fit</i> y <i>pan</i> funcionan correctamente.
Criterio de aceptación	Realización exitosa de todas las acciones antes mencionadas.
Resultado	OK.

3.7 Alarmas

Descripción de la prueba	Crear una alarma en una RTU. Verificar que se recibe y presenta correctamente la alarma en el ONC. Esto incluye la aparición de una ventana emergente que dice que se recibió una nueva alarma, que se muestra en la vista geográfica, en la lista de alarma y la curva de alarma correspondiente en la vista del hojeador. Quitar la condición de alarma en al RTU. Verificar que se recibe un mensaje en el ONC y que aparece una ventana emergente. Verificar que aún se muestra la alarma pero ahora diciendo que se ha borrado (ícono diferente). Archivar la alarma en el ONC y verificar que ya no está representada.
Criterio de aceptación	Recepción, presentación y desactivación exitosa de la alarma.
Resultado	OK.

3.8 Elemento de red Query

Descripción de la prueba	Verificar que todos los elementos de la red sean accesibles utilizando diferentes vistas (RTU, trayecto y cables).
Criterio de aceptación	Realización exitosa de todas las acciones antes mencionadas.
Resultado	OK.

3.9 Estadística Query

Descripción de la prueba	Dejar todo el sistema funcionar por lo menos 24 horas. Verificar que las estadísticas para las curvas de referencia estén disponibles, las cuales son aceptadas por el algoritmo de estadística de Fiber Visor.
Criterio de aceptación	Acceso exitoso a los archivos de estadísticas de las RTU.
Resultado	OK

3.10 Acceso del usuario

Descripción de la prueba	Verificar que los nombres de los usuarios y las contraseñas correspondientes funcionan. Verificar que para cada nombre de usuario solos las RTUs permitidas sean accesibles.
Criterio de aceptación	Acceso exitoso al ONC con todos los nombres de usuarios y sus correspondientes contraseñas.
Resultado	OK.

3.11 Acceso remoto a la RTU

Descripción de la prueba	Verificar que se pueda acceder a las RTU por vía remota.
Criterio de aceptación	Acceso exitoso al ONC con todos los nombres de usuarios y sus correspondientes contraseñas.
Resultado	OK.

3.12 Comunicación remota

Descripción de la prueba	Emplear <i>Tool -> Test -> Communication</i> , para verificar que se pueden diagnosticar cada RTU y el TSC.
Criterio de aceptación	Programa de diagnóstico exitoso para las RTU y el TSC.
Resultado	OK.

3.13 Acceso remoto

Descripción de la prueba	Empleando el ONC, seleccionar la RTU y verificar que estas funciones operan correctamente. El usuario debe acceder a la RTU entrando su nombre y su contraseña y
---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>luego hacer lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parar el monitoreo OTDR ▪ Iniciar el monitoreo OTDR ▪ Visualizar las alarmas, la historia y las estadísticas.
Criterio de aceptación	<p>Se debe establecer una conexión remota exitosa. Realización exitosa de las funciones antes mencionadas.</p>
Resultado	OK.

3.14 Configuración remota

Descripción de la prueba	<p>Empleando el ONC, seleccionar la configuración remota de la RTU y verificar que estas funciones operan correctamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modificar un parámetro. ▪ <i>Close configure</i> ▪ Reacceder al menú de configuración y a al RTU para asegurar que la configuración ha sido almacenada. Ajustar el parámetro a su valor original.
Criterio de aceptación	<p>Se debe establecer una conexión remota exitosa. Realización exitosa de las funciones antes mencionadas.</p>
Resultado	OK.

3.15 Visualización remota

Descripción de la prueba	<p>Empleando el ONC, seleccionar el "<i>Current Activity Viewer</i>" de la RTU y verificar que todas las funciones operan correctamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que se pueda visualizar la secuencia de monitoreo.
Criterio de aceptación	<p>Se debe establecer una conexión remota exitosa. Realización exitosa de las funciones antes mencionadas.</p>
Resultado	OK.

3.16 Administrador de Servicios remotos

Descripción de la prueba	<p>Empleando el ONC, seleccionar el director de tareas remotas de la RTU.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parar el monitoreo OTDR. ▪ Iniciar el monitoreo OTDR.
Criterio de aceptación	<p>Se debe establecer una conexión remota exitosa. Realización exitosa de las funciones antes mencionadas.</p>
Resultado	OK.

3.17 Transmisión de alarmas

Descripción de la prueba	Simular una ruptura, desconectando una de las fibras monitoreadas. Es preferible pero no esencial que la desconexión no se realice en el lugar de la RTU (conexión en el puerto del conmutador). Fijarse en el tiempo necesario para la detección de una alarma.
Criterio de aceptación	Luego de tres repeticiones debe aparecer una alarma en el visualizador de la RTU. Esta alarma también se debe enviar al TSC. Verificar, con un ONC, que se recibe la alarma. El mensaje de esa alarma debe contener el trayecto correcto y la distancia óptica correcta.
Resultado	OK.

3.18 Aviso de conformidad y aceptación del ONC

Firmas respectivas de los representantes de EXFO y TdP.

4. Protocolo de aceptación de pruebas de la RTU

4.1 Detalle de la instalación y la configuración del TSC

Ver formulario de reconocimiento de instalación.

4.2 Protocolo de prueba de la RTU

En esta sección se definen todas las pruebas relacionadas con la RTU que se deben realizar después de la instalación del Fiber Visor. También se proporcionarán criterios para cada prueba. El resultado exitoso de estas pruebas conducirá a la aceptación del Sistema por parte del cliente.

4.3 Acceso Local

Descripción de la prueba	El acceso local se debe probar utilizando el mouse interno y los teclados en pantalla y exterior. El usuario debe acceder a la RTU entrando su nombre y su respectiva contraseña y luego realizar lo siguiente: <ul style="list-style-type: none">▪ Parar el monitoreo OTDR.▪ Iniciar la aplicación <i>OTDR Controller</i>.▪ Iniciar la aplicación <i>Switch Controller</i>.
---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seleccionar un puerto con una fibra conectada. ▪ Adquirir una curva OTDR. ▪ Cerrar ambas aplicaciones. ▪ Iniciar el monitoreo OTDR. ▪ Visualizar las alarmas, la historia y las estadísticas. ▪ Iniciar <i>Configure</i>. Modificar un parámetro. Cerrar <i>Configure</i>. Reaccionar <i>Configure</i> para asegurarse de que la modificación fue almacenada. Ajustar el parámetro a su valor original.
Crterios de aceptacin	Realizacin exitosa de los pasos antes mencionados.
Resultado	OK.

4.4 Secuencia de Monitoreo

Descripcin de la prueba	En el <i>Service Manager</i> de la RTU, iniciar el monitoreo OTDR. Iniciar el visualizador y observar la parte superior de la pantalla para verificar que el monitoreo de las fibras se realiza siguiendo el orden correcto y utilizando la curva de referencia correcta.
Criterio de aceptacin	Todas las fibras configuradas son monitoreadas segn la configuracin.
Resultado	OK.

4.5 Watchdog

Esta prueba ser ejecutada por TdP e Infodata, segn el Procedimiento adjunto:

Descripcin de la prueba	Desconectar el cable serial entre la RTU y el Watchdog. Se debe reinicializar la RTU.
Criterio de aceptacin	Se deben reinicializar y funcionar correctamente la RTU y todas las interfaces de la red. El Fiber Visor Client debe reiniciar automticamente. La secuencia de monitoreo debe reiniciar automticamente. Una alarma llamada " <i>Unexpected reboot</i> " se debe enviar al TSC.
Resultado	OK.

Procedimiento Watchdog

El propósito de este procedimiento es describir la Prueba Watchdog del RTU para el equipamiento RFTS EXFO. Con acuerdo del cliente, esta prueba será ejecutada por TdP e Infodata (representante local del fabricante).

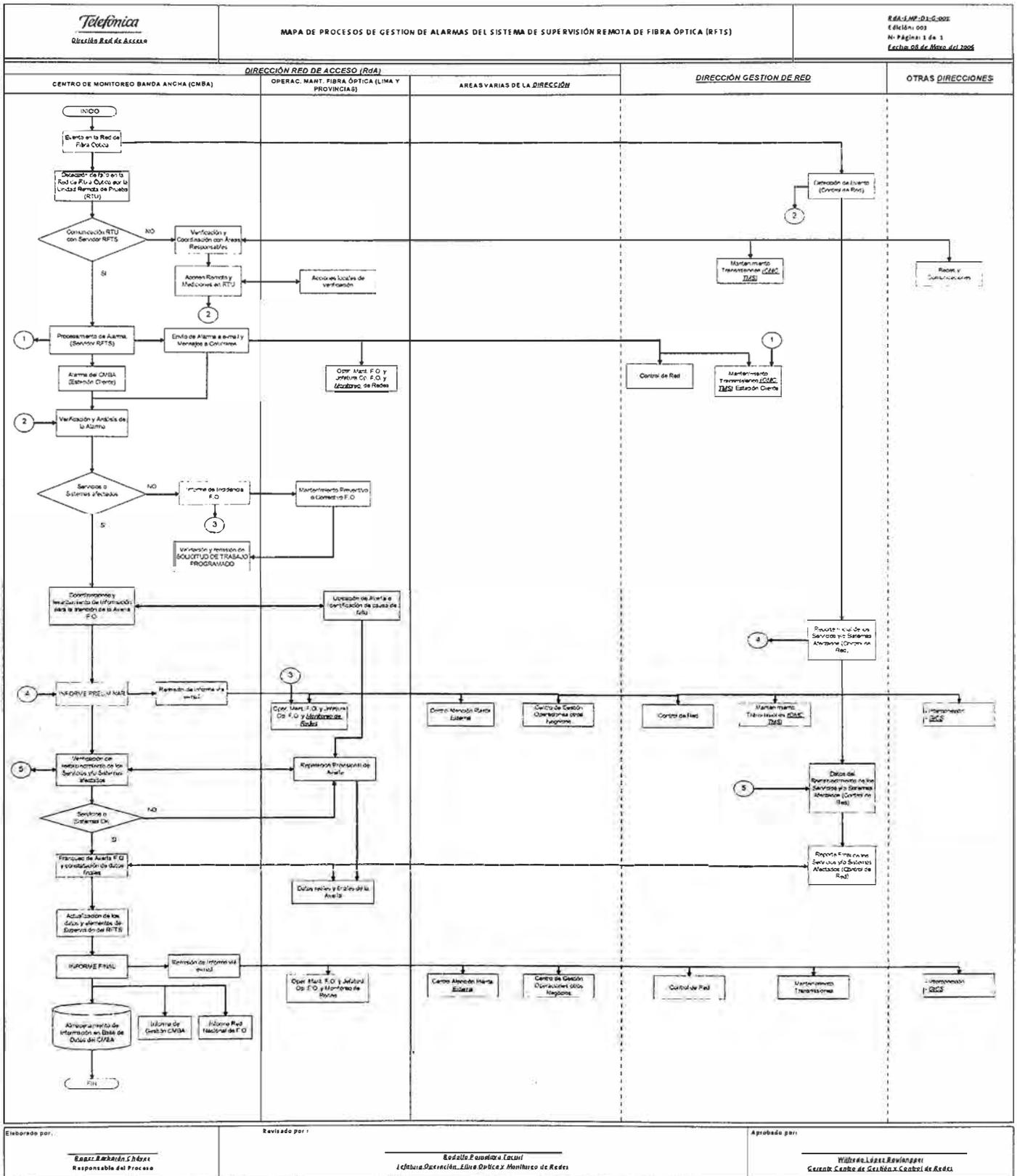
1. Una persona de TdP debe estar en el lugar del RTU y una persona de Infodata deberá estar en Surquillo.
2. En el lugar del RTU, la persona de TdP desconectará el cable serial entre el RTU y el Watchdog, y esperará 15 minutos.
3. Desde Surquillo, una persona de Infodata ejecutará una prueba remota de “ping – t” del RTU para estar seguro que el RTU se ha reinicializado (rebooted).
4. Después del “reboot” la persona de Infodata contactará con la persona de TdP en la ubicación del RTU, para confirmar la reinicialización.
5. En este tiempo, la persona de TdP tendrá que reconectar el cable serial entre el RTU y el Watchdog.

4.6 Aviso de conformidad y aceptación del RTU

Firmas respectivas de los representantes de EXFO y TdP.

ANEXO D

D) PROCESO DE GESTIÓN DE ALARMAS DEL RFTS



Elaborado por:
Roger Baharín Chávez
 Responsable del Proceso

Revisado por:
Reyella Romalpa Lucari
 Jefa/a División, Línea Operativa, Monitoreo de Redes

Aprobado por:
Walter López Bolognesi
 Gerente Línea de Gestión, Control de Redes

ANEXO E

E) EJEMPLO DE ESQUEMÁTICOS DE LOS ENLACES ÓPTICOS DE SUPERVISIÓN (ZONA NORTE)

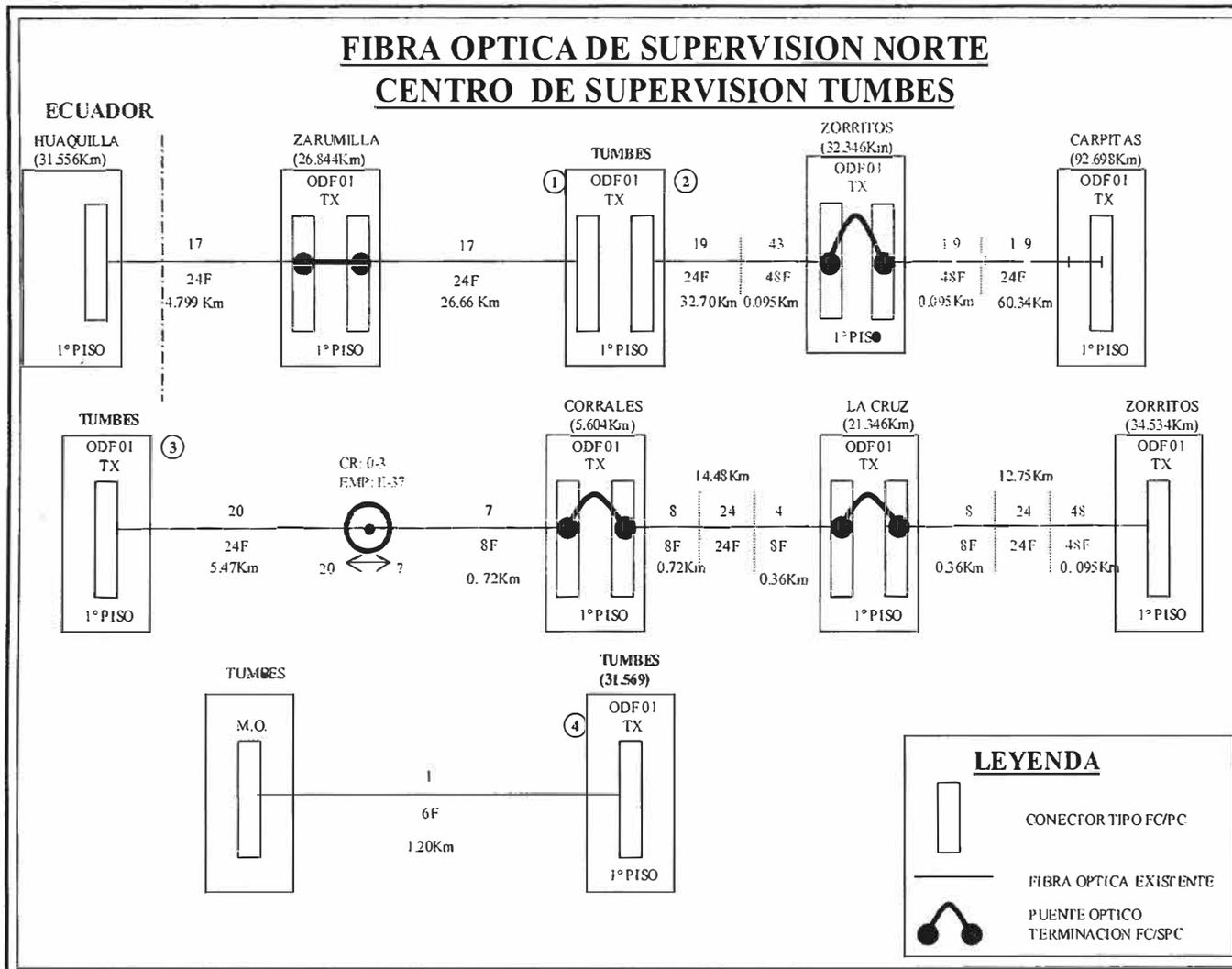


Fig. E.1 Puertos de supervisión RTU Tumbes

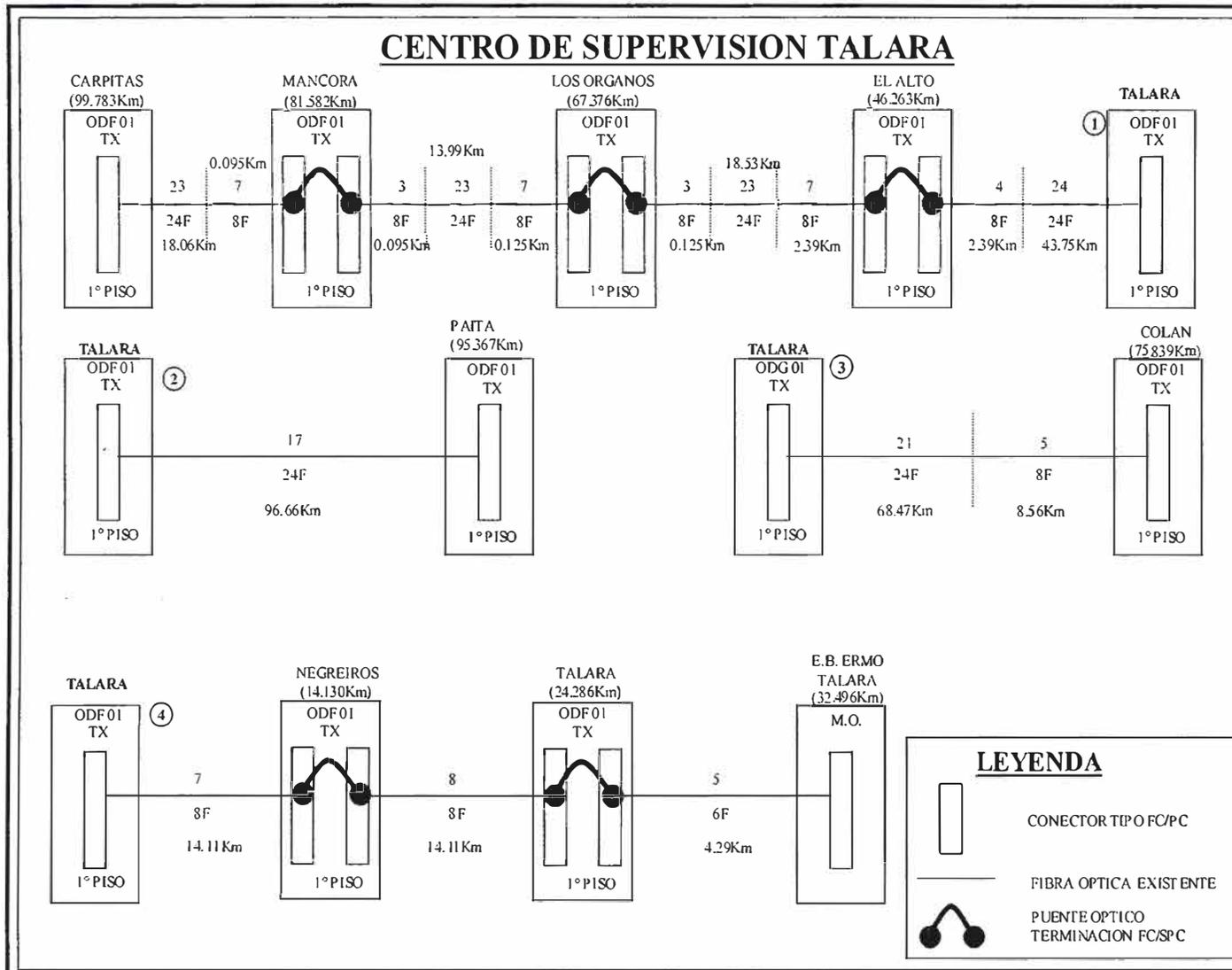


Fig. E.2 Puertos de supervisión RTU Talara

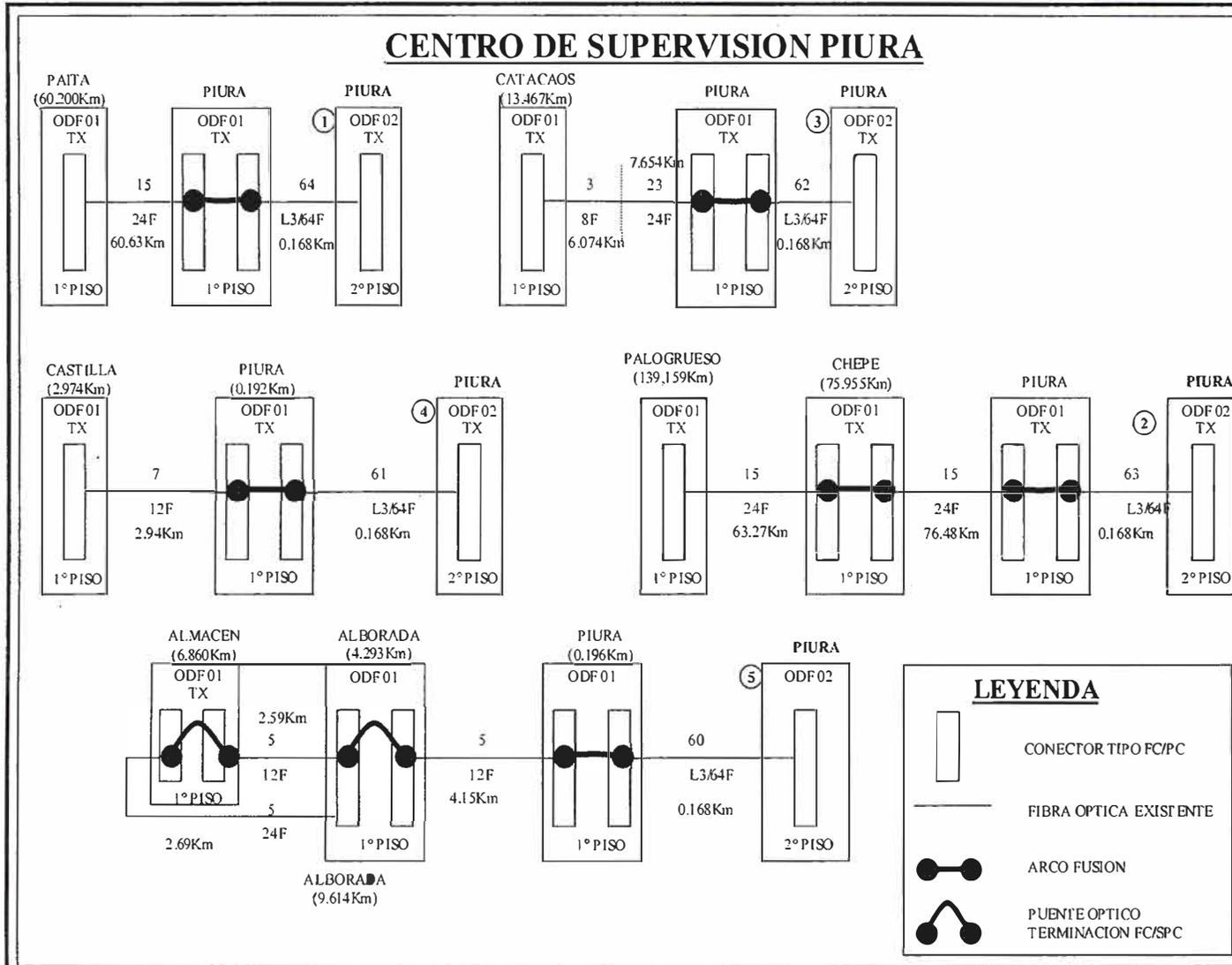


Fig. E.3 Puertos de supervisión RTU Piura

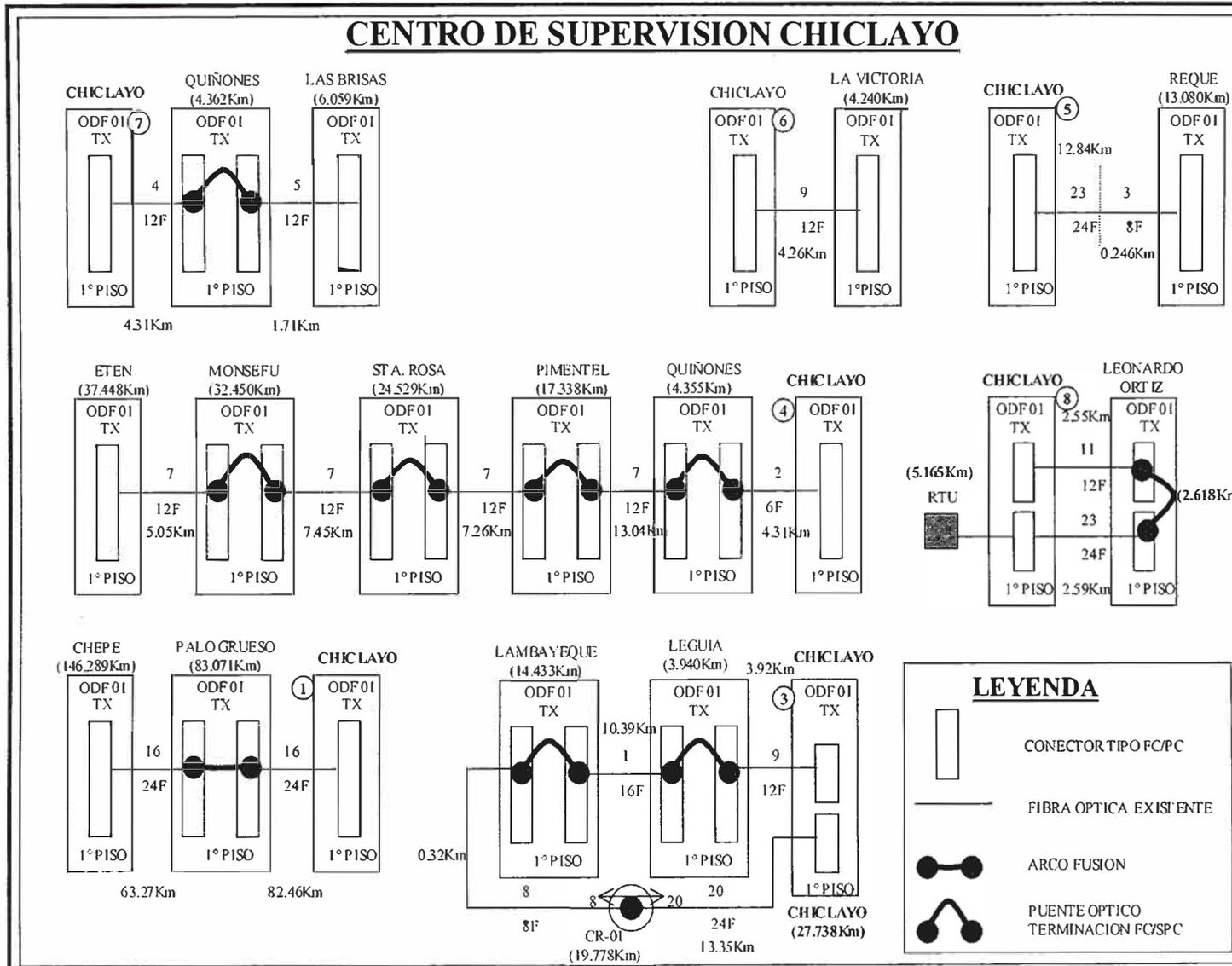


Fig. E.4 Puertos de supervisión RTU Chiclayo

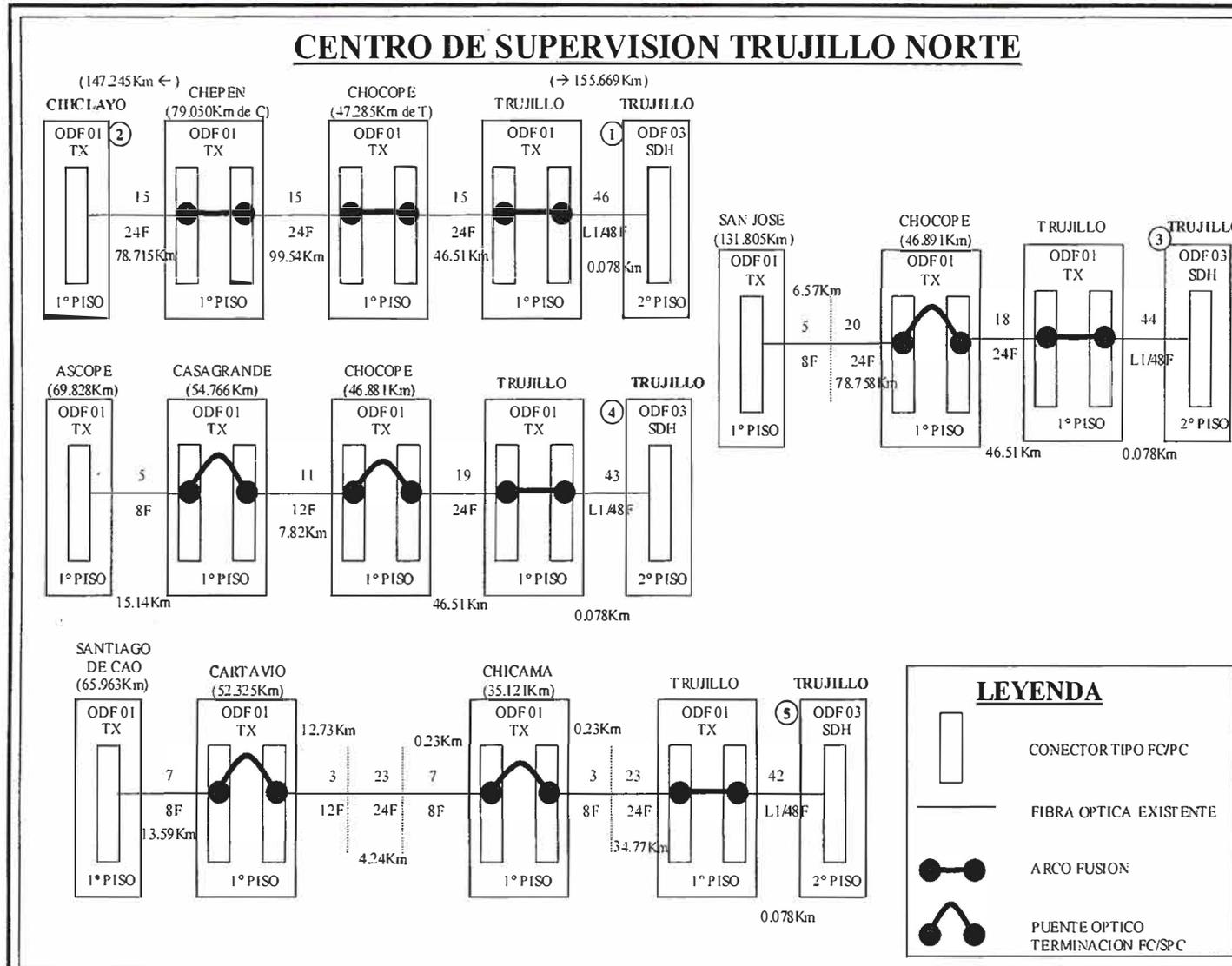


Fig. E.5 Puertos de supervisión RTU Trujillo (norte)

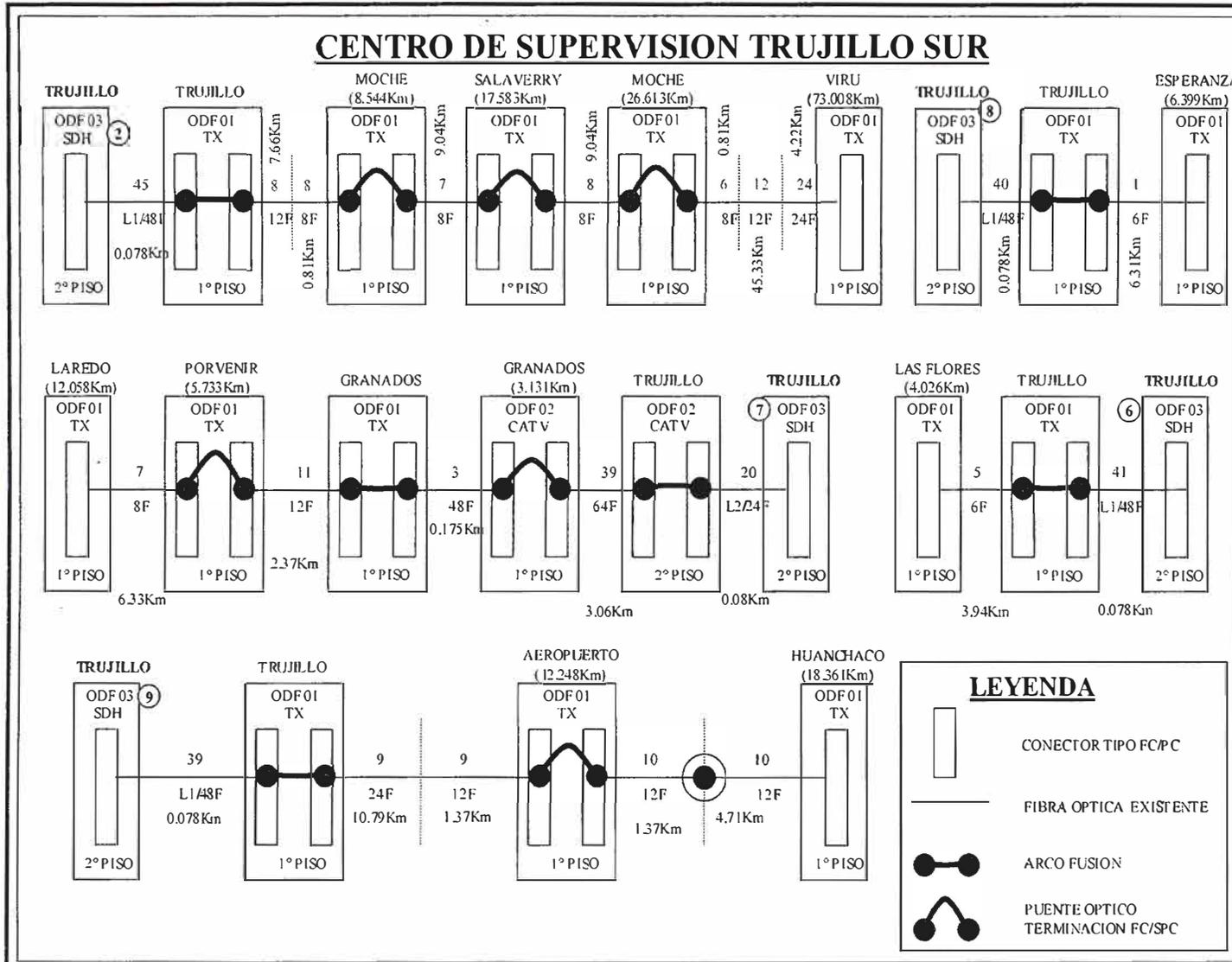
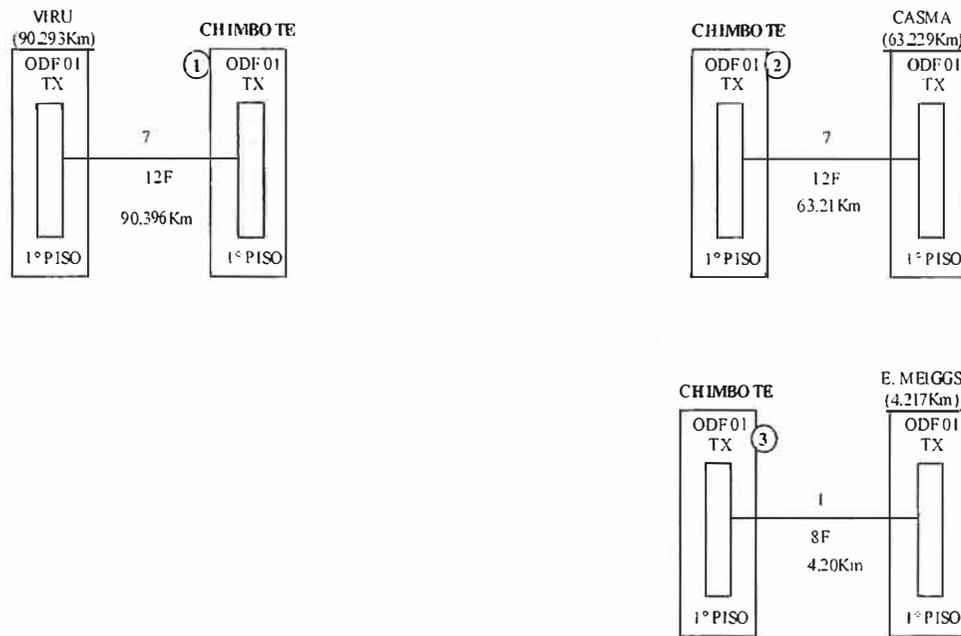


Fig. E.6 Puertos de supervisión RTU Trujillo (sur)

CENTRO DE SUPERVISION CHIMBOTE



LEYENDA



CONECTOR TIPO FC/PC



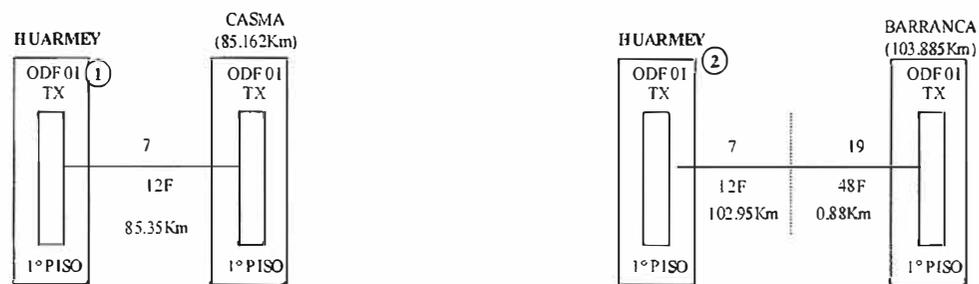
FIBRA OPTICA EXISTENTE



ARCO FUSION

Fig. E.7 Puertos de supervisión RTU Chimbo te

CENTRO DE SUPERVISION HUARMEY



LEYENDA



CONECTOR TIPO FC/PC



FIBRA OPTICA EXISTENTE



ARCO FUSION

Fig. E.8 Puertos de supervisión RTU Huarmey

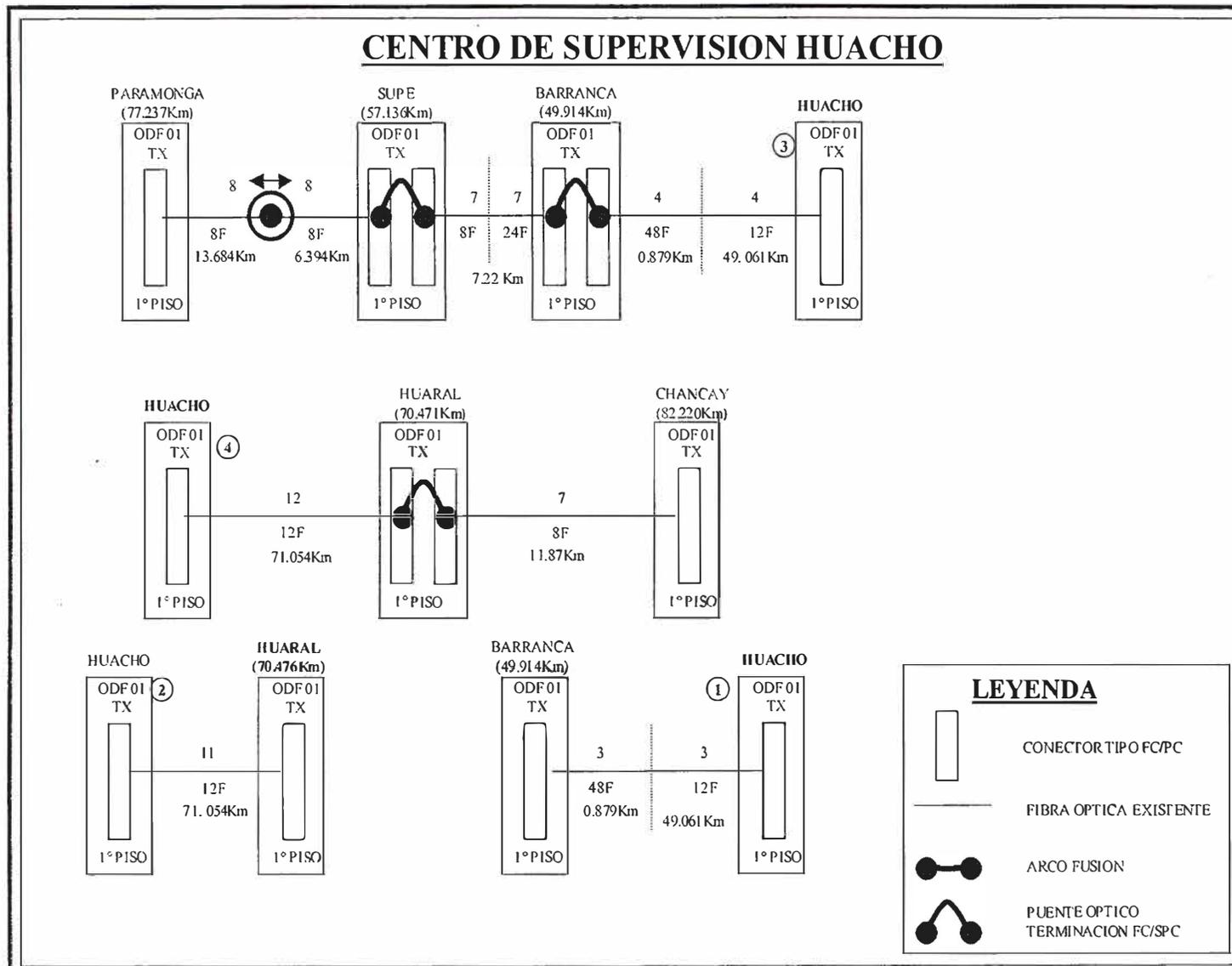


Fig. E.9 Puertos de supervisión RTU Huacho

BIBLIOGRAFÍA

1. Norma Técnica de Telefónica del Perú: Especificaciones de Requisitos para un Sistema de Monitoreo de la Red de Fibra Óptica N-101-5000, 2000
2. Reference Guide to Fiber Optic Testing, volume 1 JDSU - U.S.A., 2007
3. FTTx – PON Technology and Testing EXFO Electro-Optical Engineering Inc. - Canada, 2005
4. Informe del Proyecto del Sistema Nacional de Supervisión Remota de Fibra Óptica de Telefónica del Perú (RFTS), 2001 - 2002
5. Manual de Usuario de Empalmadora de fusión de monofibras ópticas Fujikura FSM-20CSII, 2003
6. Norma Técnica de Telefónica del Perú: Mediciones en cables de Fibra Óptica N-102-3052 2da. Edic., 2003
7. Información técnica de fibra óptica de fabricante EXFO (www.exfo.com)
8. Información técnica en tecnología de fibra óptica JDSU (www.jdsu.com)
9. Información técnica en tecnología de fibra óptica Corning (www.corning.com)