

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE
DE GESTIÓN DE UNA RED ÓPTICA DE COMUNICACIONES**



**SILVIO JULIAN CARVAJAL MARTINEZ
EDWARD ERNESTO VELEZ GIRALDO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D GNTT Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones
POPAYAN
2004**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE DE
GESTIÓN DE UNA RED ÓPTICA DE COMUNICACIONES**



Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Electronica y
Telecomunicaciones

**SILVIO JULIAN CARVAJAL MARTINEZ
EDWARD ERNESTO VELEZ GIRALDO**

Director

Ing. Esp. Alejandro Toledo Tovar

Codirectores

Ing. Oswaldo Quiñonez

Ing. Esp. Harold Romo

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D GNTT Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones
POPAYAN
2004**

Nota de Aceptación :

Firma del Presidente

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán 5 de febrero de 2004

A mis padres Silvio Carvajal y Lucy Martínez,
que con su esfuerzo y enseñanzas me han guiado hasta aquí.
A mis hermanas Carolina y Mónica Carvajal,
por su amor y apoyo incondicional.
y a mi novia Emilce y demás amigos,
que junto a mi han recorrido este maravilloso camino llamado Vida.

Julián Carvajal

A Mi Diosito Lindo,
por cuya infinita voluntad he podido alcanzar este triunfo,
A Papá y Mamá,
que a base de templanza, decisión y amor
me han demostrado que todo es posible,
que no basta sino soñar
A Miguel y Sebas, mis hermanos
por ser mi gran alegría e inspiración
A Gloria y Aurora, mis abuelas
por su cariño y colaboración
A María Claudia, mi novia
por su paciencia, empuje, comprensión y amor
y a Deicy, Caro, Yovana, Adriana, John, Juan, Poke, Tiko
por quienes aún es posible creer en la amistad.

Edward V.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ing. Oswaldo Quiñónez por la creación de este proyecto, por darnos la oportunidad de convertirlo en realidad y por creer incondicionalmente en nuestro trabajo.

Al Ing. Esp. Alejandro Toledo por su valiosa colaboración en el análisis y desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Esp. Harold Romo por realizar los contactos necesarios para la adjudicación de este proyecto a la Universidad del Cauca y su apoyo a lo largo de su desarrollo.

A la Universidad del Cauca, por permitir nuestro desarrollo profesional, a la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones por su excelente formación académica y al grupo de investigación de nuevas tecnologías en telecomunicaciones por su soporte tecnológico y humano.

A la empresa Siemens S.A. por creer en este proyecto y brindarnos todos los medios económicos y logísticos para su feliz culminación.

A la empresa Andinatel, en especial al grupo de gestión de Quito-Centro, por brindarnos todo el apoyo a su alcance para la implementación de este proyecto sobre su red óptica de telecomunicaciones.

Finalmente agradecemos a nuestros compañeros y profesores que nos apoyaron en el campo personal y en el transcurso de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	I
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABLAS	VI
INTRODUCCION	1
1. DESCRIPCION DE LA RED OPTICA DE COMUNICACIONES DE ANDINATEL	3
1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA RED FIBRA OPTICA	4
1.2 RED OPTICA DE TELECOMUNICACIONES DE ANDINATEL	6
1.3 GESTION Y MANTENIMIENTO DE LA RED OPTICA DE TELECOMUNICACIONES DE ANDINATEL	11
1.3.1 Red de Gestión TNMS (Telecommunication Network Management System – Sistema de Gestión de Red de Telecomunicaciones)	12
1.3.2 Cuadrillas de empalmes y mantenimiento correctivo	13
1.3.3 Revisión mensual de la Red	14
1.3.4 Pool de repuestos SIEMENS + ANDINATEL	14
1.3.5 Sistema de Gestión de Fibra	15
2. OTDR (OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTOMETER – REFLECTOR ÓPTICO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO)	17
2.1 DEFINICIÓN	17
2.2 MÉTODO REFLECTOMÉTRICO	17
2.2.1 Diagrama Óptico.	18
2.3 FUNDAMENTOS DE OTDR	19
2.4 FUNCIONAMIENTO DEL OTDR	25
2.4.1 Análisis Detallado	27
2.5 CONDICIONES DE USO	29
2.6 LA TRAZA DEL OTDR	30
2.6.1 Información en la traza de OTDR	31
2.6.2 Identificación de la Traza	32
2.7 ERRORES DE MEDICIÓN	34
2.7.1 Recuperación de Sobrecarga	34
2.7.2 Fantasmas	35
2.7.3 Errores por la variabilidad de retrodispersión	36
2.7.4 Superación de errores por retrodispersión	37
2.7.5 Limitaciones de la resolución	38
2.7.6 Consideración especial para fibra multimodo	39
2.7.7 Medidas de fibra, no distancia del cable	39
2.8 LIMITACIONES DEL OTDR	40
3. MODELADO DE LA APLICACIÓN OFNMS (OPTICAL FIBER NETWORK MANAGEMENT SYSTEM)	42
3.1 INTRODUCCION	42
3.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	43
3.2.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	43

3.2.2	CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS	43
3.3	DIAGRAMA DE CASOS DE USO	47
3.4	DIAGRAMA DE CASOS DE USO EXTENDIDO	49
3.5	DIAGRAMA DE CLASES	91
3.6	DIAGRAMAS DE COMPONENTES Y DESPLIEGUE.....	93
4.	IMPLEMENTACIÓN OFNMS (OPTICAL FIBER NETWORK MANAGEMENT SYSTEM)	95
4.1	INTRODUCCION	95
4.2	RECURSOS Y HERRAMIENTAS SOFTWARE.....	95
4.3	ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN SOFTWARE.....	97
4.4	ARQUITECTURA FÍSICA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.4.1	Mini OTDR MW9076 B/B1.....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.5	MODEM ITA-703.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.6	TARJETA SEALEVEL COMM+8.PCI.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.7	PRUEBAS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
	BIBLIOGRAFIA	137
	ACRONIMOS.....	138

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1.1 Distribución geográfica de la red de óptica de telecomunicaciones de Andinatel	8
Figura. 1.2 Arquitectura del sistema de transmisión de la red óptica de Andinatel	10
Figura. 1.3 Sistema de Gestión de Transmisión.....	12
Figura. 1.4 Cuadrillas de empalme y mantenimiento correctivo.....	13
Figura. 1.5 Grupo de apoyo técnico al centro de gestión	15
Figura. 2.1 Medición con el Reflectómetro Óptico OTDR	19
Figura. 2.2 Centros de Dispersión en el núcleo de la Fibra.....	20
Figura. 2.3 Dispersión Rayleigh	20
Figura. 2.4 Centros de Dispersión en el Núcleo de la Fibra	22
Figura. 2.5 Resultado Transitorio de la luz dispersada desde la Fibra	23
Figura. 2.6 Ejemplo.....	24
Figura. 2.7 Experimento Colladan para la demostración de la reflexión total de la luz	24
Figura. 2.8 Dispersión en una Fibra Óptica	25
Figura. 2.9 Despliegue de OTDR	26
Figura 2.10 Al incrementar el ancho del pulso se incrementa nivel de retrodispersión	27
Figura. 2.11 Medición de un OTDR con un pulso infinitamente pequeño	28
Figura.2.12 Medición del OTDR con un pulso de 100 m.....	29
Figura. 2.13 Traza típica de un segmento de cable.....	31
Figura. 2.14 Traza de OTDR	31
Figura. 2.15 Traza de un enlace multisegmento con una conexión no reflectiva en el medio.....	33
Figura 2.16 Traza de enlace multisegmento con una conexión reflectiva en el medio.	33
Figura. 2.17 Pulso y cable de "Lanzamiento" del OTDR	34
Figura. 2.18 "Fantasmas" en OTDR	35
Figura. 2.19 Errores de pérdida en mediciones con el OTDR.....	37
Figura 2.20. La longitud del pulso del OTDR limita su resolución.	38
Figura. 3.1 Diagrama de Casos de Uso	48
Figura. 3.2 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Iniciar Sesión"	50
Figura. 3.3 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Iniciar Sesión"	50
Figura. 3.4 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Terminar Sesión"	51
Figura. 3.5 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Terminar Sesión"	51
Figura. 3.6 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Administrar Alarmas".....	53
Figura. 3.7 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Administrar Alarmas"	54
Figura. 3.8 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Ver Registros".....	56
Figura. 3.9 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Ver Registros".....	57
Figura 3.10 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Consultar Información de OTDR" ..	59
Figura 3.11 Diagrama de Colaboración Caso de Uso Consultar Información de OTDR.	60
Figura 3.12 Diagrama de Colaboración Caso de Uso Guardar o Imprimir Información	62
Figura. 3.13 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Guardar o Imprimir Información" ..	62
Figura 3.14 Diagrama de Colaboración Caso de Uso Ingresar Información Geográfica	64
Figura. 3.15 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Ingresar Información geográfica" ..	65
Figura. 3.16 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Configuración de OTDR 's"	68

Figura. 3.17 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Configuración de OTDR´s"	69
Figura. 3.18 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Configuración de OTDR´s" (Cont)	70
Figura. 3.19 Diagrama de Secuencia Caso de Uso Configuración de Direcciones mail	72
Figura. 3.20 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Configuración de Direcciones mail"	73
Figura. 3.21 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Configurar Parámetros de Medición"	74
Figura 3.22 Diagrama de Secuencia Caso de Uso Configurar Parámetros de Medición	75
Figura. 3.23 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Configurar Contraseñas"	76
Figura. 3.24 Diagrama de secuencia Caso de Uso "Configurar Contraseñas"	76
Figura. 3.26 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Cerrar Aplicación"	77
Figura. 3.27 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Cerrar Aplicación"	78
Figura. 3.28 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Desactivar el Sistema"	79
Figura. 3.29 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Desactivar el Sistema"	79
Figura. 3.30 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Activar Sistema"	81
Figura. 3.31 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Activar Sistema"	81
Figura. 3.32 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Capturar Datos"	83
Figura. 3.33 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Capturar Datos"	84
Figura. 3.34 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Crear Registros"	85
Figura. 3.35 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Analizar Datos"	86
Figura. 3.36 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Analizar Datos"	86
Figura. 3.37 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Generar Alarmas"	88
Figura. 3.38 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Generar Alarmas"	88
Figura. 3.39 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Crear Backup"	89
Figura. 3.40 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Crear Backup"	90
Figura. 3.41 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Crear Restore"	90
Figura. 3.42 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Crear Restore"	91
Figura. 3.44 Diagrama de Componentes	93
Figura. 3.45 Diagrama de Despliegue	94
Figura. 4.1 Diagrama General de Gestión de Fibra ANDINATEL	103
Figura. 4.2 Diagrama de Conexión	104
Figura. 4.3 Conexiones en Quitocentro	105
Figura. 4.4 Conexiones en Ambato	105
Figura. 4.5 Conexiones en Guayaquil	106
Figura. 4.6 Conexiones en Cuenca	106
Figura. 4.7 Conexiones en Tulcán	107
Figura. 4.8 Pantalla del OTDR en Modo Auto	109
Figura. 4.9 Pantalla ODTR en Modo Manual	110
Figura. 4.10 Mediciones de " Perdas y Perdas de retorno total "	111
Figura. 4.11 Mediciones de " Perdas de Empalme y Perdas de Retorno "	111
Figura. 4.12 Perdas debidas a retrodispersión	112
Figura. 4.13 Mediciones de " Reflexión "	112
Figura. 4.14 Traza OTDR	113
Figura. 4.15 Traza OTDR	114
Figura. 4.16 Conexión PC - OTDR	114
Figura. 4.17 Conector dB-9 (Macho)	115
Figura. 4.18 Método Directo Secuencia Normal	116
Figura. 4.19 Método Directo Secuencia Normal	116

Figura. 4.20 Pantalla de Configuración.....	117
Figura. 4.21 Pantalla de Configuración del Puerto Serial.....	117
Figura. 4.22 Pantalla de Configuración (1 / 3)	119
Figura. 4.23 Pantalla de Configuración (2/3)	122
Figura. 4.24 Conexión con MODEM ITA-703	126
Figura. 4.25 Tarjeta SeaLevel COMM+8.PCI	127
Figura. 4.26 Esquema conexión	128
Figura. 4.27 Configuraciones de Hyperterminal.....	129
Figura. 4.28 Resultados con el Hyperterminal	129
Figura. 4.29 Aplicación JavaTerminal	130
Figura. 4.30 Diagrama de Conexión	131
Figura. 4.31 Esquema de conexión.....	132
Figura. 4.32 Esquema de Conexión	133

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Distribución de puertos para tributarios en las estaciones	9
Tabla 4.1 Materialización Equipos y Cables.....	107
Tabla 4.2 Materialización Equipos y Cables (Continuación)	108
Tabla 4.3 Distribución de Pines.....	115
Tabla 4.4 Relación entre puntos de muestreo y distancia	121
Tabla 4.5 Especificaciones Técnicas tarjeta COMM+8.PCI.....	127

INTRODUCCION

Hoy en día se vive en una sociedad de información, donde continuamente se necesita establecer comunicaciones con otras personas o con maquinas para intercambiar información o datos, ya sea por obligación o solamente por diversión. Estas actividades de telecomunicaciones se pueden realizar desde cualquier parte del mundo, lo único que se necesita es una línea telefónica o una conexión a Internet. El navegar por Internet o hablar por teléfono son actividades que hacen parte de la vida cotidiana de las personas; aunque la persona del común no se interesa en la infraestructura que soporta estos servicios y mucho menos en la logística necesaria para mantenerlos.

Gran parte de esta infraestructura esta basada en fibra óptica y radio enlaces, los cuales conforman el backbone de las grandes compañías de telecomunicaciones que prestan servicios alrededor del mundo. A nivel mundial las redes mas utilizadas son las de fibra óptica, porque poseen compatibilidad con las redes existentes y por las mejoras que provee en cuanto a calidad, disponibilidad, alcance y capacidad. La optimización de estas características es indispensable para cualquier compañía proveedora de servicios de telecomunicaciones, porque garantiza un alto nivel de servicio a sus usuarios.

Hace unos años Latinoamérica empezó a beneficiarse de la fibra óptica; pero tuvo que afrontar nuevos paradigmas en cuanto a la reparación y mantenimiento de la misma. Este es el caso es la empresa Andinatel de Ecuador que buscando mejorar los servicios de telecomunicaciones que prestaba y el área de cubrimiento, contrato a la empresa Siemens S.A para la instalación de un Backbone de fibra óptica que actualmente recorre las principales ciudades del país. Dentro del contrato figuraba también la prestación por parte de Siemens del servicio de reparación y mantenimiento de la red de fibra óptica por un año, tarea necesaria en cualquier red para garantizar su correcto funcionamiento.

Para realizar esta tarea la empresa Siemens implemento un sistema de administración, operación, configuración y mantenimiento de la red, en un centro de control en Quito (Ecuador) que provee el control de todos los dispositivos de conexión de la red. Pero también conciente de la vulnerabilidad y la falta de monitoreo preventivo de los hilos de fibra óptica susceptibles a rupturas, deformaciones o desgaste temporal, la empresa Siemens busco el desarrollo de una Herramienta Software de Gestión sobre la fibra para solventar estos problemas.

Con este objetivo nació el presente proyecto, por medio de un convenio realizado entre la empresa Siemens S.A. y la Universidad del Cauca para aunar esfuerzos y desarrollar e implementar la Herramienta Software de Gestión. De esta forma la Universidad del Cauca establece una importante relación con las empresas del sector de las telecomunicaciones y Siemens S.A. encuentra una solución efectiva a sus necesidades.

El presente documento contiene la recopilación de toda la información que fue necesaria para el análisis del proyecto, como también la descripción teórica de los diferentes procesos que se realizaron durante el desarrollo e implementación de la

herramienta de gestión. En el primer capítulo se realiza una descripción acerca de los diferentes aspectos que comprende la tecnología de fibra óptica, para luego describir detalladamente la infraestructura que compone la red óptica de telecomunicaciones de Andinatel y de esta manera determinar el entorno donde se implementa la herramienta y los paradigmas que deberá afrontar.

Dentro de la implementación del proyecto fue fundamental la utilización del dispositivo de monitoreo OTDR (Optical Time Domain Reflectometer – Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo) que permite monitorear los enlaces de fibra óptica y brinda la información del estado de estos a la herramienta OFNMS (Optical Fiber Network Management System). Por este motivo se dedicará el segundo capítulo a la descripción de su funcionamiento y sus principales características. El capítulo siguiente describirá el análisis de la herramienta software por medio de UML (Unified Model Language), que gráficamente muestra las funciones de la aplicación y la forma como las implementa. Por último el último capítulo muestra los diferentes aspectos que comprende la implementación de esta herramienta en la red óptica de Andinatel, describiendo todos los componentes hardware y software utilizados, como también toda la experiencia y conocimientos adquiridos durante este proyecto.

1. DESCRIPCIÓN DE LA RED ÓPTICA DE COMUNICACIONES DE ANDINATEL

A mediados del siglo pasado el conocimiento humano impulsado por la ciencia tuvo un desarrollo casi exponencial, donde la generación de conocimientos y su aplicación a la vida cotidiana inundaron todos los sectores de la sociedad, cambiando significativamente el diario vivir del hombre. Uno de los inventos más trascendentales en este siglo fue el transistor que dio comienzo a una nueva era, la Era Informática, que convirtió al hombre en un ente tecno-dependiente. Los beneficios que trajo fueron muchos y el hombre poco a poco vio mejorar su nivel de vida, a medida que la tecnología hacía más fáciles las cosas. La radio, la televisión, el teléfono, Internet, al paso de los años fortalecieron las telecomunicaciones y así el mundo se convirtió en una gran aldea global, donde existe comunicación con cualquier lugar del mundo.

Actualmente la sociedad depende inexorablemente de la información, ya sea voz o datos, la cual almacenada en bases de datos alrededor del mundo, soporta casi todos los aspectos de la vida del hombre, su sistema financiero, su sistema político, sus telecomunicaciones, su sistema de transporte, su sistema educativo, etc. Pero toda esta información necesita medios de comunicación apropiados para garantizar su disponibilidad y así poder cumplir su objetivo. Con este fin el hombre ha establecido vías de comunicación de alta capacidad a nivel global, por medio de diferentes medios de transmisión como radioenlaces, cables coaxiales, par trenzado y la fibra óptica. Estas tecnologías soportan hoy en día los grandes sistemas telefónicos y las autopistas de datos que conforman la red Internet.

Dentro de la explosión tecnológica del siglo XX, se realizaron diversas investigaciones de la óptica en el transporte de las señales, soportado por la reciente invención del láser y la tecnología para la creación de materiales transparentes de alta pureza. Estos esfuerzos ayudaron al nacimiento de la fibra óptica, probada por primera vez en Inglaterra en el año de 1977. Como toda nueva tecnología tuvo un periodo de desarrollo y optimización, donde se mejoró la calidad de los materiales transparentes y los dispositivos de emisión de luz coherente, permitiendo la disminución de los costos de producción y su rápida incorporación en el sector comercial. La incorporación de esta tecnología modificó muchos de los paradigmas que se habían establecido en las telecomunicaciones, las velocidades aumentaron de forma exponencial y el costo por kilómetro disminuyó.

Actualmente las redes ópticas de telecomunicaciones proveen la tasa de intercambio de datos más alta que existe, por consiguiente se ha convertido en uno de los medios de transmisión por excelencia de los diferentes proveedores de servicios de telecomunicaciones a lo largo de todo el mundo. Esto gracias también a la calidad y la alta disponibilidad de la información transportada a través de ella, que garantiza un funcionamiento óptimo de las diferentes actividades de telecomunicaciones que soportan.

1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA RED FIBRA OPTICA

Como su nombre lo indica la tecnología de fibra óptica hace uso de pulsos de luz, como ondas electromagnéticas, para enviar información a través de un medio transparente. La propagación de la onda electromagnética a través de la fibra se debe al fenómeno físico de reflexión interna total, producido por la unión de dos medios transparentes con un índice de refracción diferente. La composición básica del núcleo es principalmente silicio, material económico y abundante, lo cual lo hace un medio de transporte de bajo costo. Debido a las características físicas de este material existen tres ventanas que permiten la transmisión de ondas electromagnéticas con mínima atenuación de la señal, a 850 nm, a 1.300 nm y a 1.550 nm.

Existen diferentes clases de núcleos, el multimodo de índice escalonado que permite la transmisión de una cantidad indeterminada de modos o trayectos de la onda electromagnética, el multimodo con índice gradiente gradual transmite solo algunos modos de la onda electromagnética y el núcleo monomodo que por tener un diámetro equivalente a la longitud de onda de la onda electromagnética, sólo transporta un solo modo de la onda. Entre menos caminos se presenten en el transporte de la onda menos problemas por desfaseamiento e interferencia negativa se presentarán, lo que permite mayor calidad y alcance de la señal. Dependiendo del tipo de red que se quiera instalar se utilizarán las diferentes clases de fibra, la fibra multimodo para trayectos cortos como una LAN, la fibra multimodo con índice gradiente para trayectos medios como una WAN, para trayectos largos que demanden el transporte de grandes cantidades de información se utiliza la fibra monomodo; aunque esta última exige mayor complejidad para su fabricación, instalación y reparación, como también la utilización de equipos de manipulación de señales más complejos y costosos.

Como cualquier medio de transmisión esta tecnología utiliza un método específico de multiplexación de señales, permitiendo aprovechar al máximo el medio y así transportar la mayor cantidad de información. En un comienzo se utilizaron métodos de multiplexación de señales convencionales, como FDM (Frequency Division Multiplexing - Multiplexación por División de Frecuencia) y TDM (Time Division Multiplexing - Multiplexación por División de Tiempo); pero actualmente el más utilizado es la DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing - Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda) una evolución de WDM (Wavelength Division Multiplexing - Multiplexación por División de Longitud de Onda) que permite transportar diferentes flujos de datos de manera simultánea sobre una sola fibra. Esta característica se logra diferenciando cada portadora con una longitud de onda específica, lo que permite transportar hasta 160 canales cada uno con una velocidad y un formato diferente.

La acumulación de varias portadoras sobre una sola fibra demanda dispositivos especializados, como emisores y receptores láser que proveen alta estabilidad de la señal y complejos sistemas de multiplexación. Todos estos dispositivos aumentan considerablemente los costos; pero son necesarios para satisfacer adecuadamente los requerimientos y el diseño de la red.

La tecnología de multiplexación DWDM permite transmitir una gran variedad de protocolos de transporte, como ATM (Asynchronous Transfer Mode – Modo de Transferencia Asíncrona), SDH (Synchronous Digital Hierarchy – Jerarquía Digital Síncrona) y hasta IP (Internet Protocol – Protocolo de Internet) por medio de la tecnología MPLS (Multiprotocol Label Switching – Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo); pero actualmente en el entorno latinoamericano la tecnología más utilizada es SDH, porque provee capacidades de tráfico adecuadas para la zona y tiene alta capacidad de multiplexación de tributarios a diferentes velocidades. Otra característica favorable es su amplia utilización sobre los enlaces microondas y el costo moderado de los equipos que implementa en comparación a las tecnologías ATM o MPLS.

La tecnología SDH definida por la ITU (International Telecommunication Union – Unión Internacional de Telecomunicaciones) es una jerarquía multiplexación de tributarios PDH a altas velocidades, los cuales transportan canales de voz y de datos manejados por los operadores de telecomunicaciones. Cada portadora DWDM maneja generalmente canales SDH OC-48/STM-16 de 2,5 Gbps; pero también está en la capacidad de manejar el OC-192/STM-64 de 10 Gbps. Cada hilo de fibra óptica permite transportar una gran cantidad de canales, 1008 canales de datos E1 (a 2.048 Kbps) o 30.240 canales de voz (a 64 Kbps). Para garantizar la correcta transmisión de las tramas de datos enviadas a lo largo de la red SDH, es indispensable la implementación de un sistema de sincronización de red de alta confiabilidad, basado en diferentes niveles de relojes de alta precisión ubicados en las diferentes estaciones de la red.

Por la gran cantidad de datos que transporta cada hilo de fibra óptica es necesario que sean debidamente protegidos de las inclemencias de la intemperie y la acción de fuerzas externas, por este motivo son agrupados al interior de un cable que les provee protección y permite su fácil manipulación. Existen una gran variedad de cables para evitar el deterioro de las fibras debido al medio donde está ubicado y durante su instalación. La instalación del cable de fibra óptica se realiza generalmente en ductos subterráneos o extendida aéreamente por medio de postes, también existen otros métodos para medios más específicos como aviones o fábricas.

Debido a las características físicas de los materiales que componen los filamentos ópticos se presentan restricciones a la hora de su manipulación. El cable de fibra óptica posee un porcentaje de elasticidad que permite la tensión del cable hasta determinado límite y un ángulo de curvatura mínimo. Si estos límites son rebasados se producen roturas o micro curvaturas en los filamentos ópticos, lo cual afecta la transmisión de los datos. Otra limitación que presenta es la temperatura ambiente del medio, ya que si el cable se somete a temperaturas superiores al límite establecido, se deteriorara físicamente los materiales que componen el núcleo y el revestimiento.

En toda red óptica de telecomunicaciones es necesaria la implementación de un sistema de protección de la red, para garantizar un nivel de disponibilidad alto a los servicios que presta. Este requerimiento demanda la duplicación de los dispositivos más importantes de la red, como los equipos de procesamiento de señales, los equipos de conmutación y las líneas de transmisión.

Otro factor importante para mantener el óptimo funcionamiento de la red es realizar gestión y mantenimiento periódico sobre los diferentes dispositivos que soportan el transporte de información, garantizando un alto nivel de disponibilidad y calidad de esta. Las tareas de gestión y mantenimiento de la red de un operador de telecomunicaciones comúnmente son contratados, donde la empresa contratada debe garantizar ciertos acuerdos de nivel de servicio. Uno de los puntos del acuerdo es el nivel de disponibilidad de la red, es decir su óptimo funcionamiento la mayor parte del tiempo, como también mantener un nivel bajo en la tasa de error de información. Si la empresa que realiza el mantenimiento incumple alguno de los puntos acordados es multada, para compensar la pérdida producida por los servicios dejados de prestar sobre la red. Hay que tener en cuenta que si una falla interrumpe el funcionamiento de la red óptica, los servicios prestados sobre ella no se detendrán totalmente, ya que deben existir vías de comunicación alternas como sistemas de protección u otros medios de transmisión como los enlaces microondas.

Para garantizar el cumplimiento de los niveles de acuerdo pactados, la empresa contratada debe implementar todo un plan de mantenimiento y gestión, buscando prevenir y dar una solución rápida y eficiente a cualquier tipo de falla que pueda sacar de funcionamiento la red. El componente central del plan debe ser un sistema software de gestión, encargado de monitorear y gestionar todos los dispositivos de interconexión de la red (a nivel físico y multiplexación) y conmutación de datos, para así tener un control total sobre la red. Otro componente importante es el mantenimiento soportado por grupos de monitoreo de fibra, encargados de la supervisión preventiva del tendido de fibra óptica y su reparación en caso de fallas. Este plan debe comprender también la administración de un lote de repuestos, que en el caso de presentarse un daño a nivel de transmisión garantiza y agiliza el proceso de reparación.

1.2 RED ÓPTICA DE TELECOMUNICACIONES DE ANDINATEL

A comienzos del año 2001 Andinatel realizó una licitación para instalar un sistema de red de fibra óptica a lo largo de las principales ciudades de Ecuador, esto buscando mejorar y ampliar la red de comunicaciones que en ese momento se basaba principalmente en radio enlaces. Después de presentarse varias propuestas por diferentes compañías el trabajo fue adjudicado a la empresa SIEMENS S.A. bajo el contrato 0441 – 2002. Este contrato comprendía el tendido de toda la fibra óptica a lo largo del territorio ecuatoriano, la instalación de los dispositivos necesarios para el transporte de la información, la adecuación de ésta red para su conexión con los sistemas de comunicación existentes y la gestión y mantenimiento de la red por un período de un año.

El tendido de la fibra óptica fue realizado de forma subterránea a una profundidad de 0,60 a 1,20 metros, a lo largo de carreteras nacionales, caminos secundarios y vías férreas de Ecuador, para así facilitar su accesibilidad. Debido al medio de instalación la fibra fue protegida mecánicamente por medio de un triducto de polietileno en los tramos interurbanos y en la ciudad por subductos de canalizaciones existentes. La red

fue dividida en tres sistemas troncales distribuidos geográficamente a lo largo de Ecuador de la siguiente manera:

- Sistema Quito – Guayaquil, conformado por seis (6) enlaces que unen las ciudades: Quito, Latacunga, Ambato, Guaranda, Babahoyo, Milagro y Guayaquil.
- Sistema Ambato - Cuenca, conformado por cuatro (4) enlaces uniendo las ciudades: Ambato, Riobamba, Alausí, Azogues y Cuenca.
- Sistema Quito – Tulcán, conformado por seis (6) enlaces ubicados entre las ciudades: Quito, Cayambe, Otavalo, Ibarra, Bolívar, San Gabriel y Tulcán.

La distribución geográfica se muestra en la fig. 1.1.

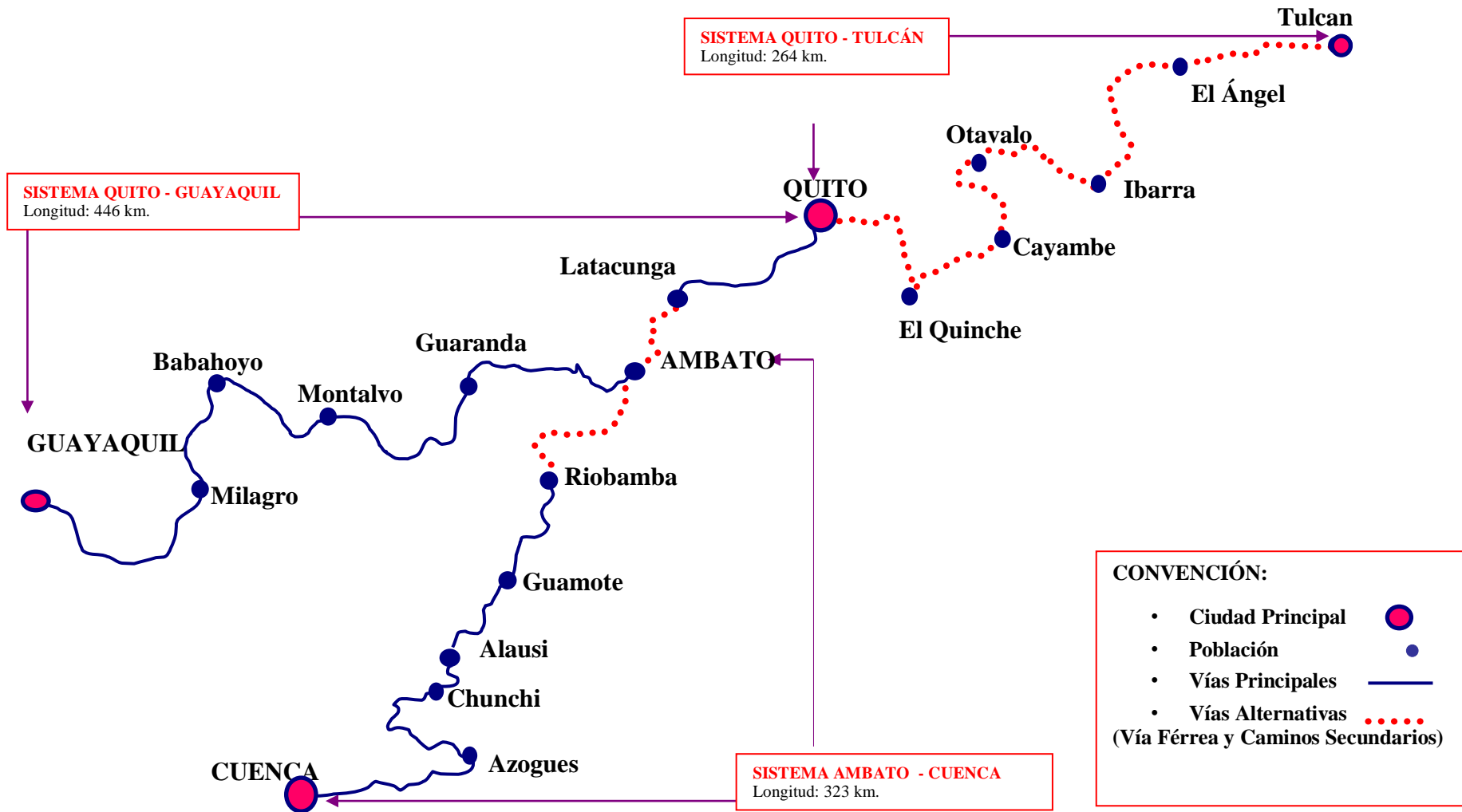
La fibra óptica utilizada que Siemens S.A. instaló es de marca Corning, monomodo tipo estándar de acuerdo a la recomendación de la UIT-T G.652, lo cual garantiza el correcto transporte de información en trayectos de más de 100 Km. Este cable posee 48 fibras de las cuales actualmente solo están en uso 4; pero que se planean incorporar al sistema en el futuro cuando se demanden más canales telefónicos o de datos.

Para satisfacer las características de cubrimiento de la red de Andinatel fue seleccionada la ventana de 1.550 nm que presenta la menor atenuación, aproximadamente de 0,25 dB/Km, lo cual permite el transporte de la información sin degradación y necesidad de regeneradores a través de grandes distancias.

El sistema de transporte de información en la red óptica de Andinatel está soportado por 27 equipos multiplexores ADM-16 (Add-Drop Multiplexer STM-16 – Multiplexor de Adición/Extracción STM-16) TransXpress SMA 16/4 Series 4 (Synchronous Digital ADM 16/4 – ADM Digital Sincrono 16/4), distribuidos en las 17 estaciones que hacen parte de los tres sistemas troncales. Este equipo maneja la tecnología de multiplexación DWDM y como protocolo de transporte la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) a una velocidad de línea de 2.5 Gbps (STM-16). La comunicación entre las diferentes ciudades que comprende cada sistema troncal se realiza mediante los SMA que proveen multiplexación, inserción y extracción de las señales a diferentes velocidades en cada ciudad. Este sistema satisface la demanda de tráfico telefónico y de datos entre las principales ciudades de Ecuador y su crecimiento en los próximos años.

La conexión del tendido de fibra óptica a los SMA demanda la utilización de terminaciones adecuadas para que no se produzcan altas pérdidas de retorno que perjudiquen la recepción de la señal. Por este motivo los extremos de los enlaces de fibra terminan en el conector óptico FC/PC (Fiber Connector/Physical Connector – Conector de Fibra/Conector Físico), este conector provee una baja atenuación de la señal. La interconexión de las señales tributarias de 2 Mbps, solicitadas desde el Distribuidor Digital del Salón de Conmutación de la central, con el SMA se realiza por medio de un subbastidor conectado a un distribuidor digital (DDF - Digital Distribution Frame – Marco de distribución digital) donde se disponen las interfaces eléctricas coaxiales desbalanceadas de 75 ohmios.

Figura. 1.1 Distribución geográfica de la red de óptica de telecomunicaciones de Andinatel



El SMA 16/4 Series 4 pertenece a la nueva generación del portafolio de Siemens. Este equipo tiene una matriz de conmutación de 64 x STM-1 con 4 interfaces de línea STM-16 ópticas y capacidades de inserción y extracción de interfaces de tributario a 2, 34, 45, 140, 155 Mbps eléctricas y STM-1, STM-4 ópticas. Permite la conexión a enrutadores IP (routers IP) o conmutadores ATM (switches ATM) y el manejo de interfaces ópticas para distancias, desde "short haul" (distancias cortas) hasta "extremely long haul" (distancias extremadamente grandes, aproximadamente de 170 Km). Posee capacidad de conexión de hasta 252 señales de 2Mbps en un mismo bastidor.

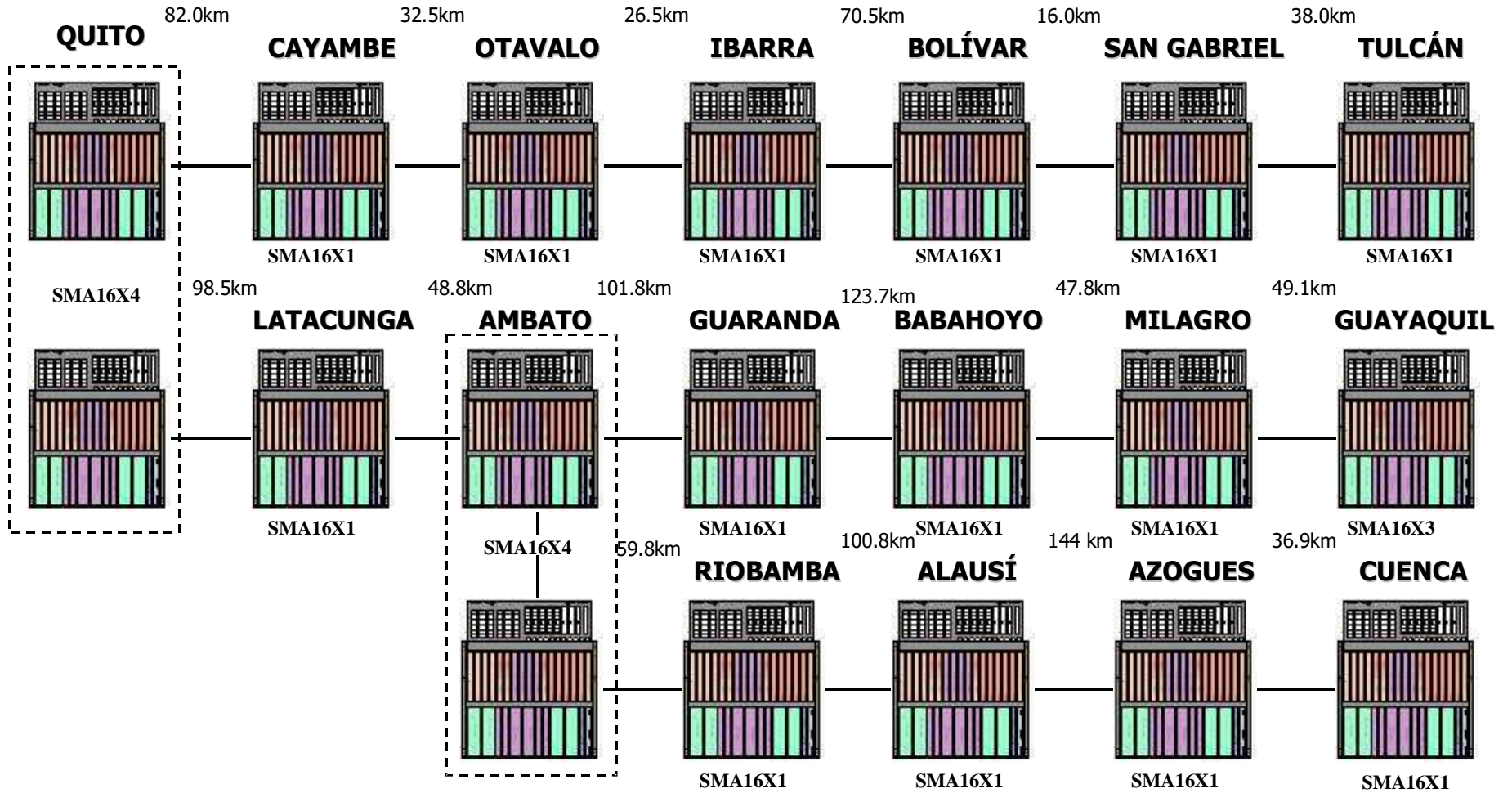
Por la alta demanda de canales de 2 Mbps en algunas estaciones del sistema, como Quito, Guayaquil, Cuenca y Ambato, se excede la capacidad de canales que provee el subbastidor del SMA. Por este motivo se amplió la disponibilidad de canales instalando 3 o 4 SMA interconectados por medio de interfaces ópticas intra-office STM-4, en la ventana de 1.310 nm. La arquitectura del sistema de fibra óptica de Andinatel se muestra en la fig.1.2.

Para garantizar una alta disponibilidad esta red posee un sistema de protección de línea 1+1 MSP (Multiplex Section Protection – Protección de Sección Múltiple) para las interfaces STM-16 ópticas, haciendo uso de una fibra adicional de las 46 aun disponibles. En las interfaces de tributario a 2Mbps y STM-1 eléctricas tiene una protección 1:N. Para optimizar la protección posee también redundancia de equipos en la unidad fundamental del SMA, como el equipo multiplexor, la matriz de conmutación, la alimentación, el reloj, etc. El Dimensionamiento de los equipos multiplexores SDH, teniendo en cuenta la cantidad de tributarios equipados por estación, se muestra en la Tabla 1.1

Tabla 1.1 Distribución de puertos para tributarios en las estaciones

ESTACIÓN	Puertos E1	Puertos STM-1	Puertos STM-4
Quito	756	8	2
Latacunga	63		
Ambato	567		4
Guaranda	63		
Babahoyo	63		
Milagro	63		
Guayaquil	504	4	2
Riobamba	63		
Alausí	63		
Azogues	63		
Cuenca	378		
Cayambe	63		
Otavalo	63		
Ibarra	378		
Bolívar	63		
San Gabriel	63		
Tulcán	126	4	
TOTAL PUERTOS	3.402	16	8

Figura. 1.2 Arquitectura del sistema de transmisión de la red óptica de Andinatel



Para implementar el sincronismo demandado por la red SDH descrita con anterioridad, Siemens diseñó un sistema de sincronismo soportado sobre radio enlaces propietarios de Andinatel. En caso de presentarse una falla en el reloj principal o en la transmisión de la información, este sistema está configurado para utilizar la señal de sincronismo de mejor calidad. La distribución de los relojes es la siguiente:

- Las estaciones de Quito y Guayaquil se encuentran equipadas con un reloj de Estrato 1 QL-PRC (Primary Reference Clock – Reloj de Referencia Primaria), con calidad definida por el estándar G.811 (1×10^{-11}) de nivel Q1.
- Las estaciones Ambato, Guayaquil y Cuenca se encuentran equipadas con un reloj SSU (Synchronization Supply Utility – Utilidad de Suministro de Sincronización) de tránsito o Local con calidad definida por estándar G.812T/L ($1 \times 10^{-9}/1 \times 10^{-8}$) de nivel Q2/Q3.
- El reloj interno de los equipos multiplexores SMA 16/4 tiene una calidad definida por los estándares G.815 y G.813 (4.6×10^{-6}) de Nivel Q4.

Esta nueva red de telecomunicaciones instalada por Siemens a Andinatel permite hoy en día el transporte un alto flujo de información entre las diferentes ciudades que la integran, aproximadamente 242.000 llamadas telefónicas simultáneas las 24 horas del día.

1.3 GESTIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED ÓPTICA DE TELECOMUNICACIONES DE ANDINATEL

Dentro del contrato establecido entre Siemens S.A. y Andinatel, además de la instalación de la red de fibra óptica también se incluyó el servicio de gestión y mantenimiento de la red por un periodo de tiempo. El principal objetivo de este servicio es mantener funcionando la red la mayor parte del tiempo y por este motivo se acuerdan plazos para arreglar cualquier daño que saque de servicio la red. Si ocurre un problema a nivel físico, sobre el tendido de la fibra óptica, hay un plazo de nueve horas para su solución. Si el daño se produce a nivel de la transmisión de los datos, es decir en los dispositivos de interconexión, hay un plazo de seis horas para su solución. Si el problema perdura más tiempo del pactado, cada hora de más representa una multa para Siemens S.A. del 1% del costo del contrato, que equivale a 30.000 dólares por hora.

El proyecto de gestión y mantenimiento de la red de Andinatel presentado por Siemens S.A., está soportado por un centro de gestión ubicado en Quito donde se coordinan todas las actividades y procedimientos de gestión y mantenimiento. Para esto se dispone de diferentes grupos de personal calificado, que realizan las diferentes tareas involucradas en el proyecto.

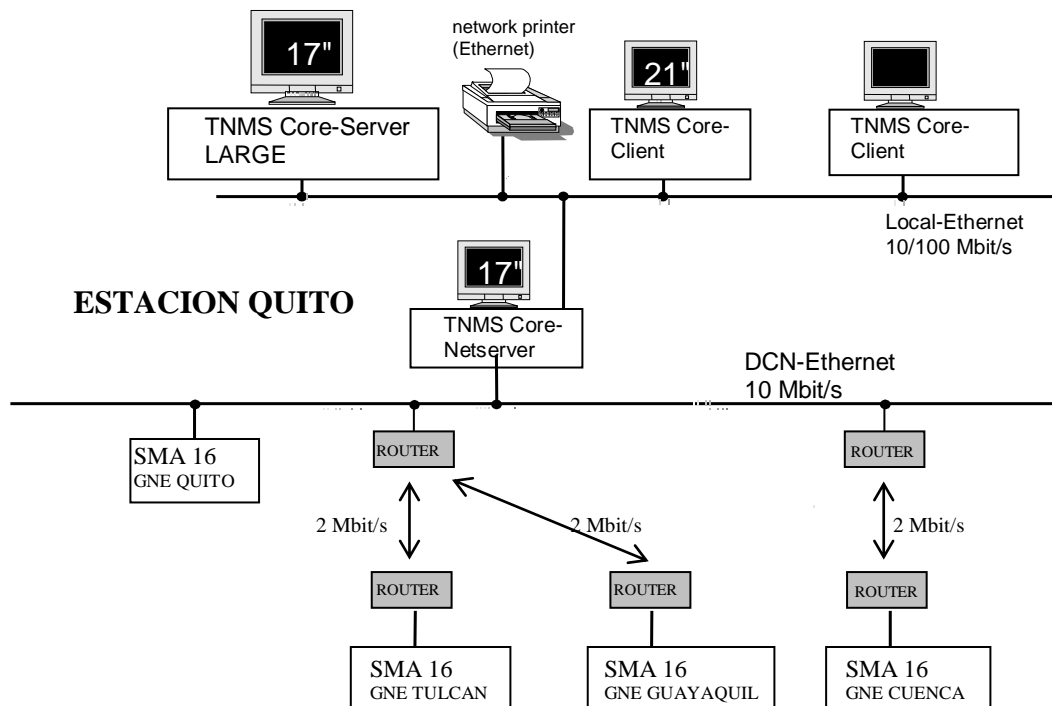
1.3.1 Red de Gestión TNMS (Telecommunication Network Management System – Sistema de Gestión de Red de Telecomunicaciones)

Este sistema esta ubicado en el centro de gestión y a través de la red DCN (Data Communication Network – Red de Comunicación de Datos) permite ejercer funciones de gestión a toda la red de transmisión y los elementos que hacen parte de esta. Esta administrado por un grupo de 4 ingenieros, que las 24 horas al día supervisan el estado de la red y resuelven cualquier problema que este al alcance del sistema.

El sistema TNMS-Core versión 6,0 es un sistema TMN (Telecommunication Management Network – Red de Gestión de Telecomunicaciones) de última generación para gestión de redes de transporte metropolitanas y regionales, que permite la gestión de elementos de red PDH, SDH y DWDM. Maneja servicios de administración de fallas, configuración, desempeño y seguridad, a nivel de elemento de red y a nivel de subred.

Este sistema cumple con las normas más recientes de la ITU-T e integra interfaces a otros sistemas de gestión de orden superior mediante CORBA (Common Object Request Broker Architecture – Arquitectura de agentes de petición de objetos Universal). Trabaja en una arquitectura cliente – servidor para facilitar su acceso a través de la DCN. Los canales que conforman la red DCN son de 2Mbps suministrados por Andinatel. La intercomunicación de los dispositivos remotos a nivel de red se realiza por medio de enrutadores CISCO. La configuración de la red se muestra en la fig. 1.3.

Figura. 1.3 Sistema de Gestión de Transmisión

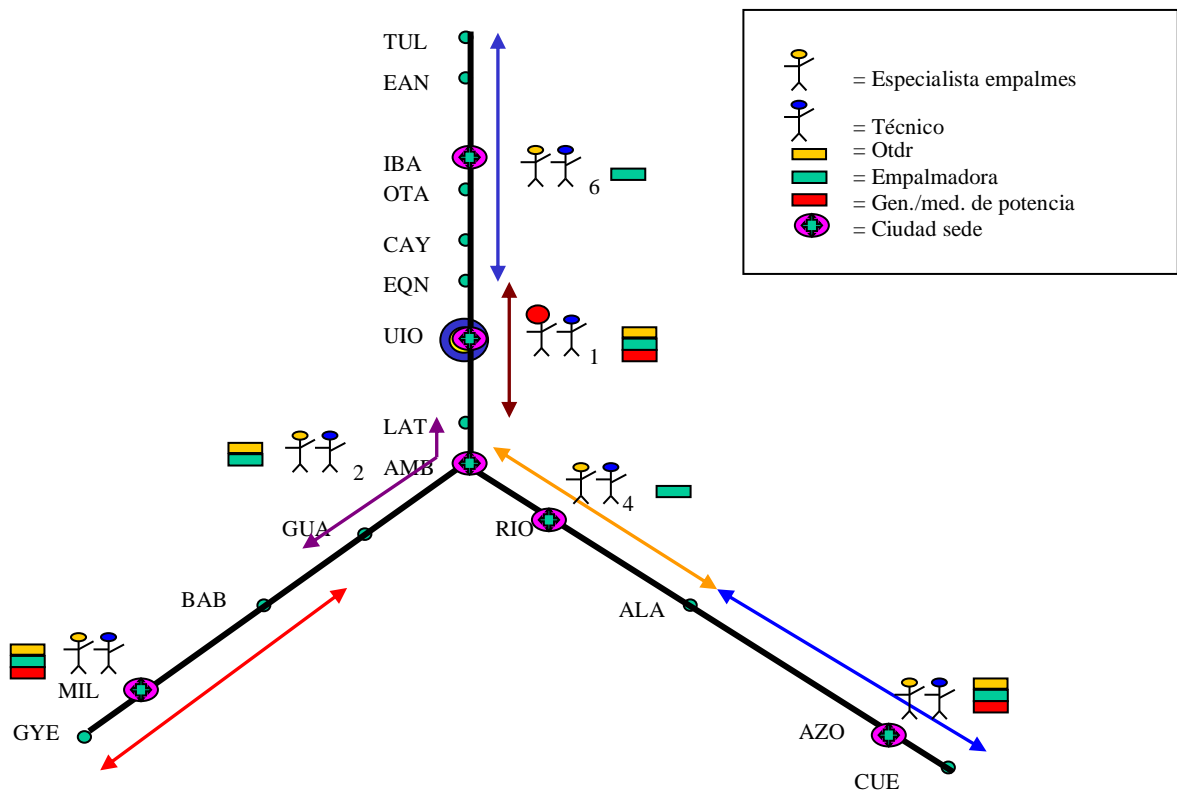


1.3.2 Cuadrillas de empalmes y mantenimiento correctivo

Estos grupos están encargados de recorrer todo el tendido de la fibra óptica verificando la integridad del cable y realizando una supervisión preventiva de rupturas o maltrato físico de la fibra. Son seis grupos ubicados en puntos estratégicos para cubrir la totalidad del tendido de la fibra, cada grupo está integrado por dos técnicos capacitados para atender cualquier falla física reportada en la fibra.

El recorrido de la zona asignada a cada grupo se realiza en una camioneta, donde se disponen todos los recursos necesarios para realizar cualquier reparación. Entre estos recursos se tienen: carretes de fibra óptica, una empalmadora, un OTDR, conectores mecánicos, cajas de empalmes, manguitos, y algunos elementos adicionales como un teléfono celular, una motobomba, una Planta eléctrica, Iluminación nocturna, un portabobinas, una escalera, etc. los recorridos asignados a cada grupo se muestran en la fig. 1.4.

Figura. 1.4 Cuadrillas de empalme y mantenimiento correctivo



En caso de presentarse una falla en el tendido de fibra óptica se debe realizar su localización de forma manual, utilizando el OTDR que permite analizar las curvas

características de los diferentes enlaces y determinar posibles rupturas o el deterioro de la fibra. Este método es ineficiente, ya que para localizar la ubicación exacta de una falla se debe realizar un análisis de prueba y error en muchos puntos de la red, demandando demasiado tiempo y personal.

Algunas centrales de la red disponen de elementos de medida más especializados, como el Analizador PDH / SDH, medidores y generadores de potencia óptica, que permiten realizar una supervisión mas completa sobre los enlaces de fibra óptica.

1.3.3 Revisión mensual de la Red

Esta tarea es realizada por un técnico, que se encarga del chequeo de las diferentes rutas y estaciones de la Red óptica. Mensualmente por medio de un OTDR analiza las curvas características de los diferentes enlaces para identificar problemas a lo largo del tendido de la fibra y así analizar su evolución con el tiempo. Por ultimo define prioridades a las fallas para su posterior reparación.

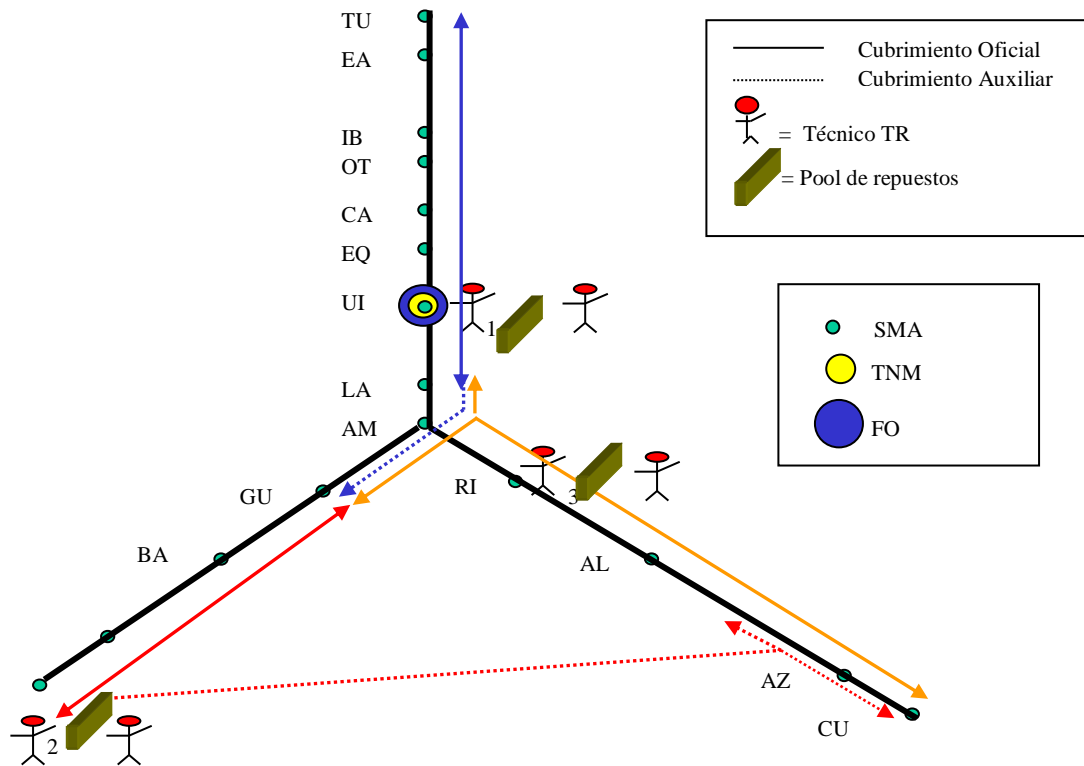
Está encargado también de establecer relaciones publicas con los entes municipales de las ciudades que recorre la red, para enterarse de futuras obras civiles que interfieran con el tendido de la fibra óptica. Si alguna estas obras representa algún riesgo al tendido de fibra, coordina una comisión de verificación con los cuadrillas de mantenimiento para garantizar su integridad.

1.3.4 Pool de repuestos SIEMENS + ANDINATEL

Dentro del costo de la instalación de la red óptica de comunicaciones se incluyo un monto para repuestos equivalente al 3% del valor de los equipos. Gracias a esta inversión y teniendo en cuenta los valores de MTBF (Mean Time Between Failures – Tiempo Medio Entre Fallas) de cada los dispositivos del sistema que puede ser remplazados la adquisición de este lote de repuestos garantiza una disponibilidad de la red cercana al 99%. Este lote esta distribuido equitativamente entre las principales centrales de la red, para garantizar una alta disponibilidad de las centrales que cursan la mayor cantidad de tráfico.

El lote de repuestos en Quito está a cargo de los ingenieros de centro de gestión; pero en las demás ciudades se cuenta con el apoyo de un grupo de tecnólogos, los cuales atienden órdenes directas del centro de gestión y están en la capacidad de realizar cualquier cambio en los dispositivos defectuosos. Este grupo de apoyo se encuentra distribuido en tres ciudades, para atender cualquier disposición de centro de gestión y realizar reportes periódicos del estado de los dispositivos. La distribución del lote de repuestos y los grupos tecnólogos se muestra en la fig. 1.5.

Figura. 1.5 Grupo de apoyo técnico al centro de gestión



1.3.5 Sistema de Gestión de Fibra

En un principio el proyecto de gestión y mantenimiento planeado por Siemens comprendía todos los componentes mencionados, los cuales responden satisfactoriamente a las principales necesidades de gestión de la red óptica de comunicaciones de Andinatel; pero no tiene un óptimo desempeño en el mantenimiento y monitoreo del tendido de fibra óptica.

Buscando optimizar el proceso de mantenimiento de la fibra óptica, la detección de fallas y minimizar los tiempos de reparación, nace la iniciativa de desarrollar este proyecto. El desarrollo e implementación de este software fue realizado desde el mes de mayo hasta septiembre del 2002 y el presente texto es la documentación final de este proceso.

Este sistema sirve de apoyo a las anteriores tareas; pero en especial a las cuadrillas de mantenimiento y empalmes, ya que al igual que estas, realiza la detección de fallas en la fibra por medio del OTDR. Pero a diferencia de las cuadrillas de mantenimiento este

sistema de detección automática agiliza el proceso de localización de la falla a nivel físico y por consiguiente su reparación, dando así mayor disponibilidad a la red óptica y mejorando la calidad de los servicios que presta. Aparte de la detección automática de fallas tiene otras características adicionales, como la creación de registros de estado de las fibra para observar su envejecimiento con el paso del tiempo, el reporte de las alarmas por medio de mensajes SMS a los dispositivos móviles de las cuadrillas de mantenimiento, administración de los mensajes de alarma y algunas otras características que se describirán detalladamente a lo largo de este documento.

Debido a la gran importancia del dispositivo OTDR dentro del desarrollo e implementación de este sistema en el siguiente capitulo se realizara una descripción detallada acerca del funcionamiento este dispositivo y los diferentes aspectos que encierra el análisis de los hilos de fibra óptica.

2. OTDR (OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTOMETER – REFLECTOR ÓPTICO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO)

2.1 DEFINICIÓN

Un OTDR (Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo), es un instrumento de medición que envía pulsos de luz, a la longitud de onda (λ) deseada (ejemplo 3ra ventana: 1550 nm), para luego medir sus "ecos", o el tiempo que tarda en recibir una reflexión producida a lo largo de la fibra óptica. Es utilizado para determinar pérdidas en cada empalme, en cada conector y en las secciones de fibra óptica de toda la red.

Con estos resultados, se promedian las muestras tomadas, y se grafican en una pantalla donde se muestra el nivel de señal en función de la distancia. Se pueden medir atenuaciones en los diferentes tramos, atenuación de empalmes y conectores, atenuación entre dos puntos, etc.

También se utiliza para determinar la distancia a la que se produce un corte, o la distancia total de un enlace, o para identificar una fibra dándole una curvatura para generar una fuga y observando en la pantalla del OTDR si la curva se "cae".

2.2 MÉTODO REFLECTOMÉTRICO

Se trata del método de medición más difundido. El método Reflectométrico OTDR fue sugerido por Barnosky-1976. Se basa en los conceptos del Sonar y Radar. En la Figura 2.1 se muestra el esquema de medida del método OTDR. Cuando una onda plana incide sobre algo no homogéneo, la parte de la potencia interferente con el objeto se transforma en una onda esférica. De esta potencia una parte se encuentra dentro del cono de aceptación de luz de la fibra óptica (apertura numérica) en el sentido progresivo y otra parte en el sentido regresivo (retrodifusión) y el resto se pierde por difracción. A esto se lo denomina esparcimiento o dispersión de Rayleigh.

El método OTDR consiste en introducir un pulso de luz en la fibra óptica y observar las condiciones de retorno de potencia. En los conductores metálicos se utiliza el método reflectométrico que es similar al descrito pero se inyecta un pulso de corriente y se mide el eco producido por el mismo. Sin embargo, como el conductor tiene gran distorsión de amplitud y fase se traduce en una deformación del impulso y una menor precisión.

La fuente de luz utilizada es un láser alimentado con un generador de pulsos de por ejemplo 40 nanosegundos (ns) y repetidos cada 333 microsegundos (μ s). Se coloca un acoplador direccional (o un conmutador óptico) que permite inyectar luz del láser a la fibra óptica y dirigir la recepción del extremo de la misma hacia el diodo detector APD (Avalanche Photo Diode – Fotodiodo de Avalancha).

Un análisis matemático del problema indica que la potencia retrodifusa (P_s) que se tiene en la entrada se calcula mediante la relación $P_s = 2,2 \cdot 10^{-6} \cdot P_o$. La potencia P_s es aproximadamente 57 dB menor que la potencia incidente (P_o). Por ello para mejorar la relación señal o ruido se requiere un proceso de promediación que consiste en medir varias veces y promediar una curva.

2.2.1 Diagrama Óptico.

El diagrama obtenido con el método OTDR consiste en varios puntos de interés. En el extremo de la fibra óptica la reflexión (Fresnel) es parcial pudiendo llegar a ser nula si existe un adaptador de índice de refracción. En el conductor metálico, en cambio, la corriente se refleja completamente desde el punto de vista teórico con una inversión de fase si existe un cortocircuito.

La retrodifusión produce información a lo largo de toda la fibra óptica lo cual permite hacer un diagnóstico general del cable a lo largo de toda su longitud. Sus características son:

- La imagen en el OTDR tendrá una caída exponencial, con picos en los extremos.
- La curva resultante tiene un pulso de reflexión a la entrada de la fibra óptica (punto A en la Figura.2.1).
- Este valor se puede reducir colocando un adaptador de índice de refracción.
- A lo largo del cable se tiene dispersión de Rayleigh.
- En el punto C se tiene un empalme en la fibra óptica por lo que existe una pequeña reflexión debido a la discontinuidad.
- Posteriormente existe otro tramo de fibra óptica indicado como D y el extremo E con la reflexión final.
- La diferencia entre los niveles de recepción N1 a N4 indica las atenuaciones respectivas del tramo y del empalme.
- Los tiempos L1 a L3 permiten encontrar la longitud hasta el empalme o el corte.

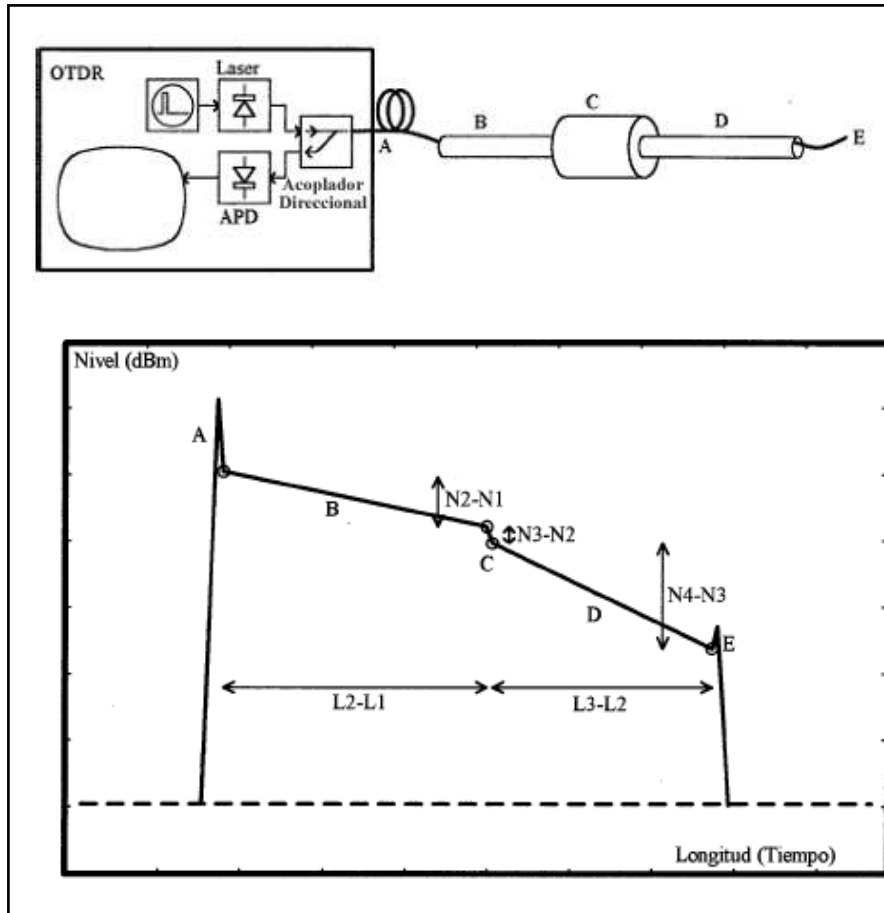
Algunos inconvenientes del método OTDR son: la imposibilidad de producir mediciones espectrales y el hecho de que la potencia retrodispersada no posee una distribución estacionaria de modos, hace que la medida de atenuación de fibra óptica multimodo sea de menor precisión. La distribución estacionaria de modos es una condición que se exige en todo tipo de medición en fibra óptica.

Dos son las principales características del instrumento OTDR:

- **Rango Dinámico:** Se trata del valor en dB que puede ser medido desde el pico hasta la base. Puede definirse mediante 3 formas. Cuando la relación señal a ruido $SNR=1$. Hasta 0,3 dB por encima del valor máximo de ruido. Hasta que una conexión de 0,5 dB se pueda medir con una resolución de 0,1 dB (definición de Bellcore).

- Resolución Espacial: Se trata de la distancia mínima entre dos puntos que pueden ser reconocidos. En la reflexión de Fresnel es el ancho a 1,5 dB del máximo. En una unión es la distancia entre las tangentes a la pendiente.

Figura. 2.1 Medición con el Reflectómetro Óptico OTDR



2.3 FUNDAMENTOS DE OTDR

La tarea de la medición es identificar y localizar imperfecciones en la fibra. Estas pueden ser, debidas a grietas en la fibra, a conectores de fibra defectuosos o a curvaturas inadmisibles en la fibra. El OTDR permite no sólo que se detecte reflexiones hacia atrás sino que puede también medir las pérdidas de transmisión de la fibra. Esto es debido al hecho de que la producción de fibras ópticas no es un proceso perfecto. Microestructuras que se distribuyen más o menos homogéneamente, existen en cada

fibra y son el resultado del proceso de fabricación. Esto es comprensible cuando se es conciente de que las fibras de cristal son extraídas de cilindros de cristal y por lo tanto no se pueden refrescar lentamente como ocurre en la fabricación del cristal óptico.

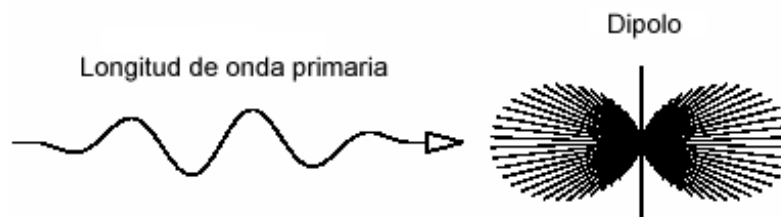
En el caso de la fibra, la luz colisiona con estas microestructuras de una manera tal que la luz dispersada alcanza de nuevo a la entrada de la fibra.

Figura. 2.2 Centros de Dispersión en el núcleo de la Fibra



La figura 2.2 representa la situación de una manera simple. Mientras que la onda de luz golpea en el centro de dispersión, la forma y la dispersión de la luz depende del cociente entre la longitud de onda de la luz y el tamaño del centro de dispersión. Cuando la longitud de onda es más pequeña en comparación al centro de la dispersión, se tiene dispersión Mie, en caso de que la longitud de onda sea extremadamente pequeña se conocerá como Dispersión de Rayleigh. Los resultados de un cociente adecuado en la fibra de vidrio se muestran en la Figura. 2.3

Figura. 2.3 Dispersión Rayleigh



El centro de dispersión cuyo diámetro $d \ll \lambda$ (longitud de onda), se considera un dipolo de Hertz. Debido al impacto del campo eléctrico (onda de luz primaria) el dipolo empieza a oscilar. Con esto, la dirección del haz es hacia el eje del dipolo y los resultados en una distribución $\text{Seno}(2u)$, donde u es el ángulo con respecto al eje del dipolo. La radiación primaria tiene su valor máximo para $u = \pm 90^\circ$. La radiación

secundaria producida tiene la misma longitud de onda que la longitud de onda primaria, sin embargo en diferentes direcciones. Por lo tanto, tal tipo de centro de dispersión de energía de la onda primaria se extrae y da lugar a la atenuación del campo primario. Las razones principales de la formación de un centro de la dispersión son variables. La radiación dispersada que viene de la interacción de átomos y de moléculas respectivamente es inevitable. En las fibras de cristal se notan más aspectos porque el cristal es un cuerpo amorfo que muestra los restos de la estructura cristalina en una zona muy limitada. La estructura que rodea el centro es una estructura aleatoria desordenada. Las irregularidades cristalinas son pequeñas en comparación a la longitud de onda y por lo tanto a exhibir el comportamiento de la dispersión Rayleigh.

El índice de refracción de las irregularidades se distingue del índice de refracción del medio de la estructura aleatoria, debido a lo cual la luz de estas zonas se dispersa. Dependiendo de si en el cristal utilizado, más las adiciones que nunca son homogéneas y completamente disueltas, esto conllevará a variaciones del índice de refracción, que representa de nuevo centros de dispersión.

La atenuación que una onda de luz experimenta debido a su dispersión se puede formular como una absorción:

$$I(z) = I_0 \cdot e^{-\alpha_R \cdot z} \tag{2.1}$$

I_0 = Atenuación inicial
 α_R = Coeficiente de atenuación
 z = Dirección de desplazamiento

Por lo que el coeficiente de atenuación α_R esté dado como:

$$\alpha_R = \frac{4\pi^3}{3 \cdot \lambda^4} \cdot \overline{(n^2 - \overline{n^2})^2} \cdot d^3_C \tag{2.2}$$

n = Índice de refracción
 $\overline{n^2}$ = Índice de refracción promedio
 d^3_C = Volumen de la irregularidad

Donde,

$$\overline{(n^2 - \overline{n^2})^2} \tag{2.3}$$

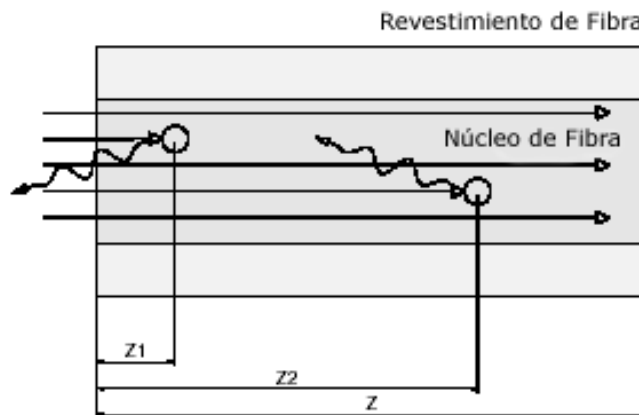
Significa la variación cuadrática debida a la diferencia de los índices refractivos respectivos en la fibra de esas irregularidades. El término d^3_c describe el volumen de tal tipo de irregularidades. Un aspecto interesante es la dependencia de la atenuación de la cuarta potencia de la longitud de onda. Para la valoración práctica de la atenuación en dBs, se puede usar la siguiente ecuación

$$\alpha(\lambda) = \alpha_{1\mu\text{m}} \cdot \frac{1}{\lambda^4} \approx 0,63 \cdot \frac{1}{\lambda^4} [\text{dB/km}] \quad (2.4)$$

Con esta, la atenuación del cristal puro de la silicona para la longitud de onda de $1 \mu\text{m}$ es $\alpha_{1\mu}$. El valor numérico de la longitud de onda se debe dar en μm . Con una longitud de onda de 810 nm por ejemplo, uno espera una atenuación de 1.46 dB/km

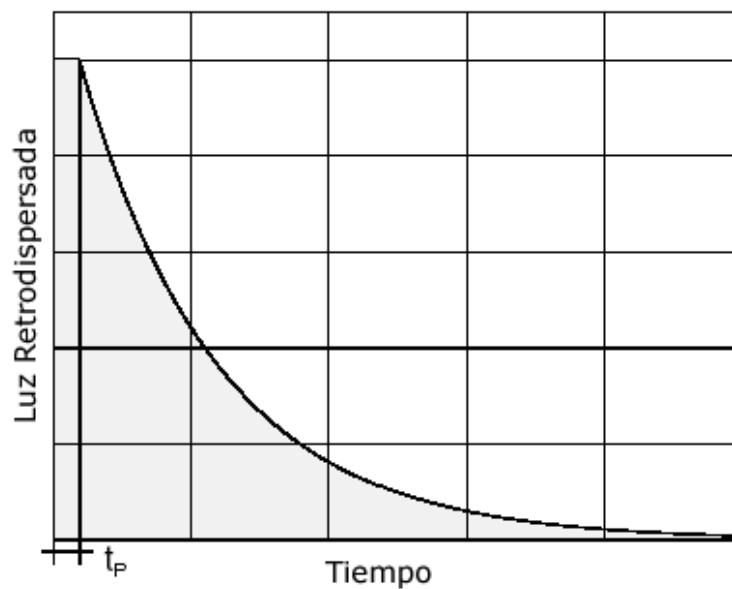
La atenuación con la absorción, y por lo tanto con la excitación de electrones ocurre con cristales solamente en el área de longitud de onda ultravioleta (UV) y para longitudes de onda a partir de $2 \mu\text{m}$ con la absorción de moléculas infrarrojas en el cristal. Esta clase de atenuación comparada con la atenuación debida a la dispersión puede ser omitida aquí. La indeseable y aun inevitable ocurrencia de dispersión en las fibras, es esencialmente la responsable de la atenuación en las fibras. Sin embargo, deben ser asegurados restos de dispersión muy bajos en el proceso de producción. Pero incluso en la instalación práctica, la atenuación puede ser influenciada negativamente por factores externos. Por lo tanto, un método confiable es requerido para poder supervisar la atenuación durante el proceso de finalización así como para redes de fibra de vidrio. Debido al hecho de que la característica de radiación de la luz dispersada también alcanza la entrada, se puede detectarla allí y observar su curso de la intensidad con respecto al comienzo de un pulso de luz. El cambio transitorio de la luz dispersada da entonces la información sobre la atenuación de la fibra. Ver Figura. 2.4.

Figura. 2.4 Centros de Dispersión en el Núcleo de la Fibra



La luz que se dispersa en el punto z_2 tiene una trayectoria más larga hacia la entrada de la fibra que aquella que se ha presentado en el punto z_1 . Debido a la pérdida en las fibras, la luz dispersada de la posición z_2 se debilita más que la de la posición z_1 . Por ello esta alcanza el detector después, esto debido al tiempo de tránsito diferente. Se envía solamente un pulso con tiempo de duración t_P en la fibra. De este modo se consigue una respuesta según lo mostrado en Figura. 2.5

Figura. 2.5 Resultado Transitorio de la luz dispersada desde la Fibra



Sin embargo, con la regresión lineal, los valores significativos pueden ser alcanzados.

En la figura 2.6, se muestra un ejemplo de dicha representación logarítmica. En la curva de pérdidas de atenuación, se observa una serie de efectos. Uno de ellos es la pérdida local y la otra son las reflexiones en las irregularidades.

Figura. 2.6 Ejemplo

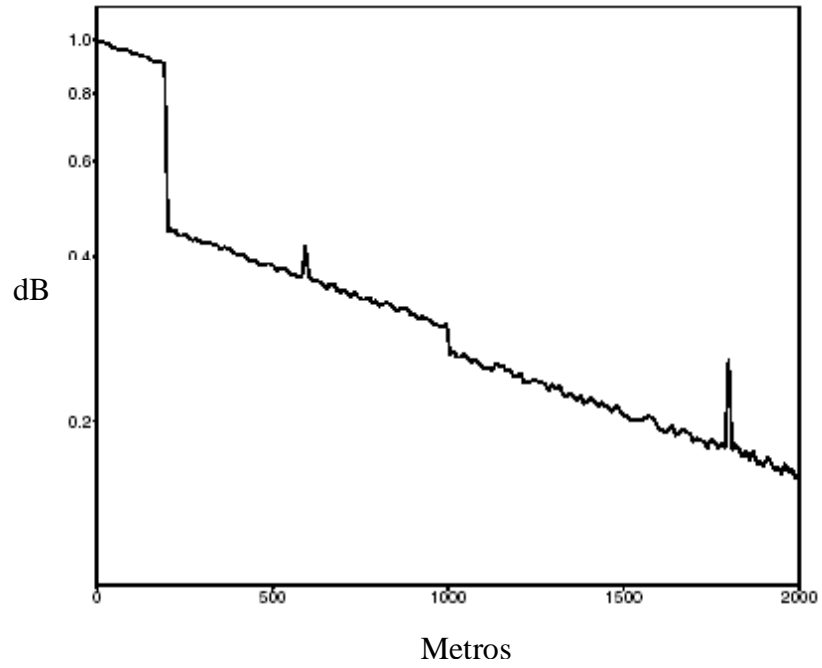
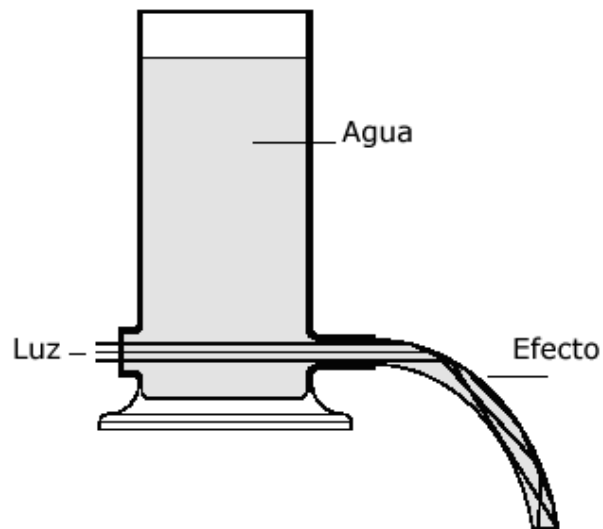


Figura. 2.7 Experimento Colladan (1861) para la demostración de la reflexión total de la luz



Otro elemento a considerar, puede ser explicado a través del experimento de Colladan (1861) acerca de la reflexión total de la luz Figura. 2.7, en el cual un rayo de luz intenso se introduce en el eje de un chorro de agua que fluye hacia el exterior. Debido a reflexiones totales repetidas la luz no puede dejar el chorro y es forzada a seguir el chorro de agua. Se espera que el chorro permanezca totalmente oscuro a menos de que la superficie contenga pequeñas perturbaciones. Esto conduce a cierta pérdida de luz y aparece iluminado a lo largo de su camino. Los efectos de la luz creados de esta manera también se conocen como "Fibra óptica luminiscentes". Este experimento histórico ya muestra el fenómeno físico básico de las fibras ópticas. La diferencia de este conductor de luz a las fibras modernas es que la dimensión de la fibra está en el orden de la magnitud de la longitud de onda de la luz. Si denotamos el diámetro de una guía de luz con d podemos indicar:

Fibra óptica luminiscentes $d \gg \lambda$

Fibras Multimodo $d > \lambda$

Fibras Monomodo $d = \lambda$

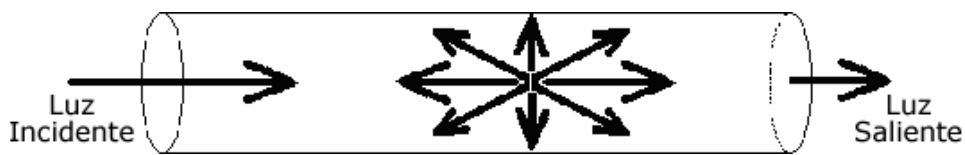
Para las fibras fabricadas actualmente esto conduce a otros efectos que no se puedan describir exclusivamente por la reflexión total. Su comprensión es de importancia especial para la tecnología de comunicación óptica.

2.4 FUNCIONAMIENTO DEL OTDR.

Diferente a las fuentes y medidores de potencia que miden directamente la pérdida de un enlace de fibra, el OTDR trabaja indirectamente. La fuente y el medidor duplican el transmisor y el receptor de un enlace de transmisión de fibra óptica, de esta forma, la medida se correlaciona bien con la pérdida real del sistema. El OTDR, sin embargo, utiliza fenómenos únicos de la fibra para inferir la pérdida.

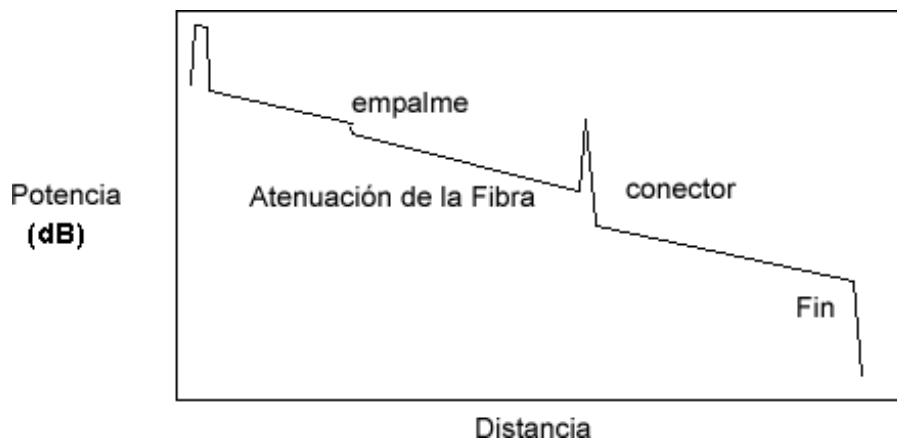
El factor principal de pérdida en la fibra óptica es la dispersión. Es como las bolas de billar cuando chocan entre ellas, pero trasladándolo a un nivel atómico entre los fotones (partículas de luz) y los átomos o moléculas. La dispersión es muy sensible al color de la luz, por ello, en la medida en que la longitud de onda se incrementa hacia el rojo final del espectro, la dispersión será menor. Se puede apreciar esta sensibilidad al salir en un día soleado y mirar hacia el cielo. El cielo se aprecia azul porque debido a que la luz del sol que se filtra a través de la atmósfera es dispersada como sucede con la luz en la fibra.

Figura. 2.8 Dispersión en una Fibra Óptica



En la fibra, la luz se dispersa en todas las direcciones, incluyendo hacia atrás en dirección a la fuente según lo mostrado en la figura 2.8. El OTDR utiliza esta "luz retrodispersada" para hacer sus medidas. Envía un pulso de muy alta potencia y mide el regreso de la luz. En cualquier momento, la luz que ve el OTDR es la luz dispersada del pulso que pasa a través de una región de la fibra. Piense en el pulso del OTDR como una fuente virtual que esta probando toda la fibra entre ella misma (la fuente virtual) y el OTDR mientras se mueve (la fuente virtual) a lo largo de la fibra. Debido a que es posible calibrar la velocidad del pulso como si este pasara a lo largo de la fibra, el OTDR puede correlacionar lo que ve en la luz retrodispersada con la localización real en la fibra. Así puede mostrar la cantidad de luz retrodispersada en cualquier punto en la fibra, figura 2.9.

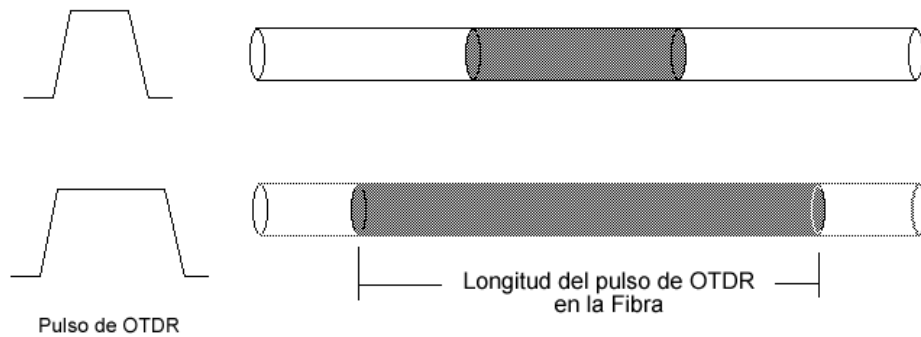
Figura. 2.9 Despliegue de OTDR



Aquí hay algunos cálculos implícitos. Como se puede notar, la luz tiene que ir y regresar, así que habrá que dividir el tiempo y los cálculos de la pérdida a la mitad, pues la luz considera pérdida en ambas sentidos. La pérdida de potencia es una función logarítmica, así que la potencia se mide en dBs.

La cantidad de luz dispersada en dirección al OTDR es proporcional a la retrodispersión de la fibra, a la potencia máxima del pulso de prueba del OTDR y a la longitud del pulso enviado. Si se necesita más luz retrodispersada para conseguir buenas medidas, se puede aumentar la potencia máxima del pulso o el ancho del pulso según lo mostrado en la figura 2.10.

Figura. 2.10 Al incrementar el ancho del pulso se incrementa el nivel de retrodispersión

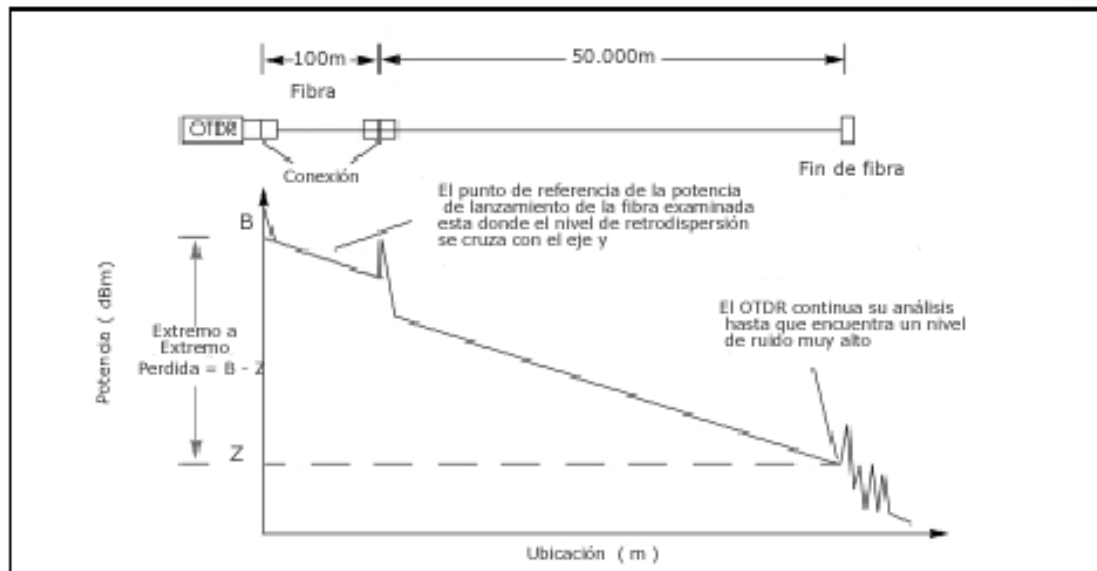


Se observa en la figura 2.9, algunos eventos como el de conectores que producen un pulso grande sobre la traza de retrodispersión. Esto indica una reflexión de un conector, de un empalme o un fin de fibra. Estos pueden ser utilizados para marcar distancias o aún, para calcular la "reflexión hacia atrás" de los conectores o de los empalmes, otro parámetro que se prueba en sistemas monomodo.

2.4.1 Análisis Detallado

Al medir pérdidas con un OTDR, la potencia de "lanzamiento" no es un valor absoluto sino un valor de referencia. El punto de referencia o la potencia inicial de la fibra bajo prueba se encuentra ubicado donde el nivel de retrodispersión de la primera sección de la fibra cruza el "eje y" (punto B en la figura 2.11). El punto final en el otro extremo de la fibra se ubicado inmediatamente antes del ultimo evento en la curva. El OTDR continúa su análisis hasta que la señal alcanza el limite de ruido; una línea horizontal se dibuja desde el punto inmediatamente anterior al último evento detectado. El punto en el cual esta línea horizontal cruza el "eje y" corresponde al segundo punto de referencia (punto Z en la figura 2.11). Así la medida de la perdida de extremo a extremo corresponde a la diferencia entre estos valores de referencia (medida de la perdida extremo a extremo = B - Z).

Figura. 2.11 Medición de un OTDR con un pulso infinitamente pequeño



Si los pulsos de luz fueran infinitamente pequeños, la medida de las pérdidas de extremo a extremo correspondería al valor dado arriba. Sin embargo, los pulsos de luz infinitamente pequeños son solamente teóricos. En medidas reales, un OTDR se expone a lo que se conoce como zonas muertas, que son saturaciones temporales del APD siguiendo un evento reflectivo; estas saturaciones evitan que el detector registre o mida otro evento. Hay dos tipos de zonas muertas:

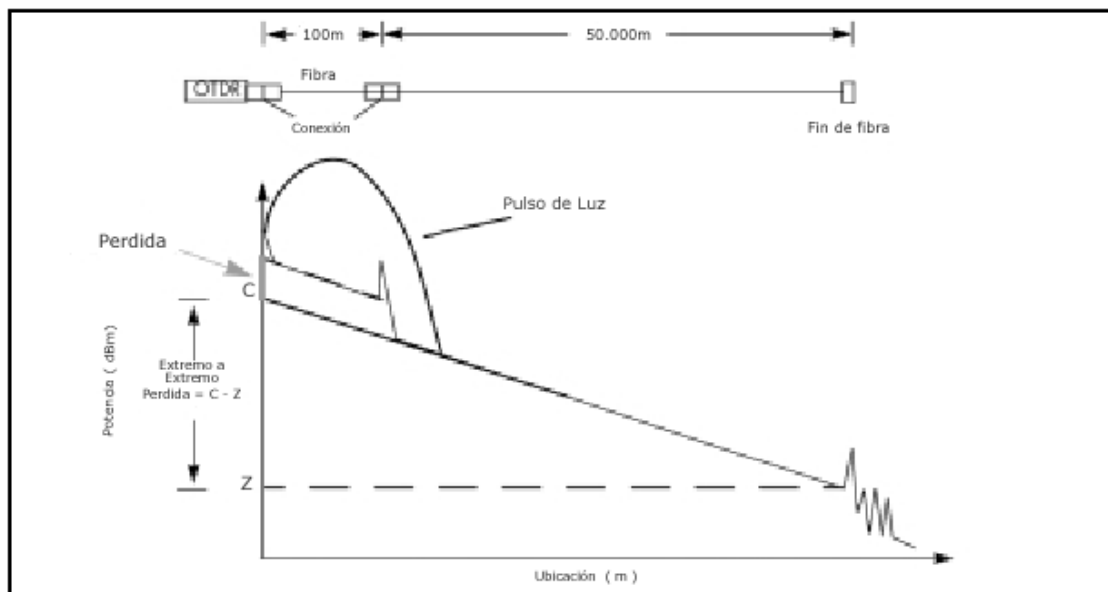
- Zona muerta del evento: distancia en la cual un OTDR no puede detectar el evento siguiente a un evento reflexivo
- Zona muerta de la atenuación: distancia en la cual el OTDR no puede medir el evento siguiente a un evento reflexivo

Se puede ilustrar esta idea utilizando los parámetros descritos en la figura 2.11, pero ahora el pulso de luz tendrá 100 m de largo (según lo mostrado en la figura 2.12). Si el primer evento está situado en una distancia de más de 100 m del inicio de fibra, una zona muerta de evento causará "ceguera" temporal del OTDR para una distancia de por lo menos de 100 m. En vez de tomar la atenuación de la primera sección de la fibra y de extrapolar esta curva al "eje y", esta "ceguera temporal" producirá que el OTDR despliegue una traza que utiliza la atenuación de la segunda sección de fibra. El OTDR extrapolará su línea hacia el "eje y", y, por lo tanto no incluirá la pérdida causada por la atenuación en la primera sección de la fibra ni la pérdida causada por el conector ubicado a 100 m del inicio de fibra.

Para evitar este problema y para incluir los primeros empalmes en la medida de extremo a extremo, deben ser tomadas precauciones adicionales durante la prueba

de medición. Éstas incluyen la adición de una sección de fibra "ficticia" antes de los primeros eventos o empalmes; esta permite al OTDR generar una pendiente causada por la Dispersión de Rayleigh antes de que las pérdidas de los empalmes o los eventos hagan su aparición. Sin esta pendiente, el OTDR no tendría un punto de referencia para explicar las pérdidas adicionales causadas por los empalmes o los eventos, haciendo que la traza del OTDR comience en un nivel inferior. Con la pendiente, el OTDR puede medir la distancia vertical entre la línea con la pendiente antes del empalme o de los eventos y la línea con la pendiente después de los empalmes o de los eventos.

Figura.2.12 Medición del OTDR con un pulso de 100 m



2.5 CONDICIONES DE USO

Es conveniente entender cuando es necesario un OTDR y cuando no es apropiado. De esta forma, se definen a continuación ciertos escenarios que permitirán aclarar esta disyuntiva.

Si se está instalando una planta de red exterior tal como una red interurbana o una LAN para un campus grande que necesite empalmes entre cables, se requerirá un OTDR para comprobar si las fibras y los empalmes son buenos. El OTDR puede ver el empalme después de que está hecho y corroborar su funcionamiento. Puede también encontrar problemas en los cables, causados por su manipulación incorrecta durante la instalación. Si ocurre una ruptura en el cable, el OTDR ayudará a encontrar la

localización del corte y confirmar la calidad de los empalmes temporales y permanentes realizados para restaurar la operación. En las fibras monomodo donde estas reflexiones de conector son una preocupación, el OTDR establecerá fácilmente la ubicación de dichos conectores defectuosos.

El OTDR no se debe utilizar para medir pérdida de la planta del cable. Ése es el trabajo de la fuente y el medidor de potencia, que duplica el enlace de fibra óptica, como se describió anteriormente. La pérdida obtenida no podrá correlacionarse entre los dos métodos; el OTDR no puede mostrar la pérdida real de la planta del cable que el sistema considerará.

La resolución limitada de la distancia del OTDR hace muy difícil el poder ser utilizado en una LAN o en ambientes de edificios, donde están generalmente, solamente algunos cientos de metros de cables largos. El OTDR tiene gran dificultad para resolver características en los cables cortos de una LAN con lo que podrían provocar confusiones en los usuarios.

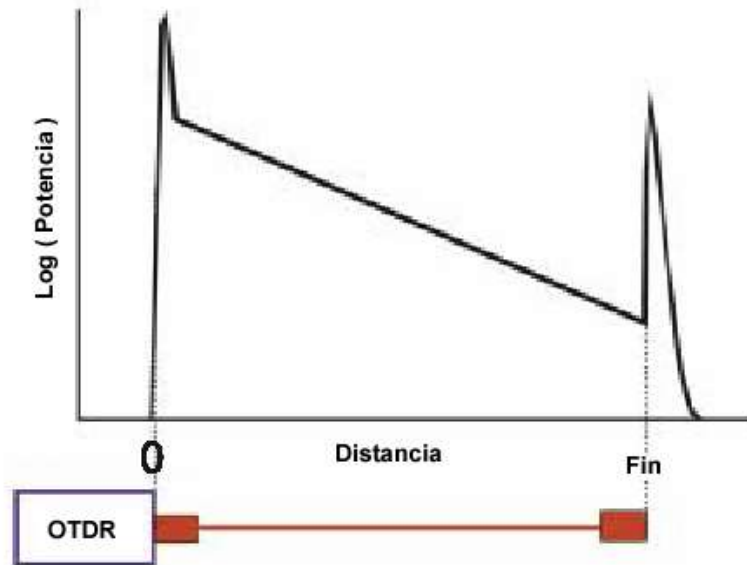
Puesto que los OTDRs son muy costosos y tienen solamente aplicaciones específicas, el tomar la decisión de comprar uno se debe hacer cuidadosamente. Por esa razón, la mayoría de las compañías de alquiler de instrumentos han encontrado un excelente nicho de mercado en la renta de los mismos por uno o algunos días e incluso por semanas dependiendo de las necesidades de las empresas demandantes. Sin embargo, si no se está familiarizado con su funcionamiento o si no se entienden los resultados de los test, sería mucho mejor contratar un especialista para realizar el trabajo.

2.6 LA TRAZA DEL OTDR

Un OTDR mide el nivel de potencia de la luz dispersado hacia atrás de cada posición a lo largo de una trayectoria de transmisión de fibra. Estas medidas se muestran como un traza de "retrodispersión". Tomando medidas de esta traza, se puede medir pérdidas en el conector, pérdidas del empalme, longitud de la fibra, y el índice de atenuación de cable.

Al comparar estas medidas con los valores de aceptación, puede determinarse si el enlace puede ser admitido. Si todas las medidas son aceptables, se puede certificar o comisionar un enlace. Si todos los enlaces son aceptables, se puede comisionar la red. Generalmente, la traza de OTDR parece un traza de línea recta con "picos" en ambos extremos (véase la figura 2.13). Los picos también se llaman "spikes" - pero, más exactamente, se conocen como "reflexiones". Creado por la luz dispersada hacia atrás (hacia el extremo de entrada de la fibra), la traza tiene siempre una pendiente negativa. Los picos son reflexiones de finales de fibra, tales como conectores o algunos empalmes. Cabe mencionar, que las reflexiones son reflexiones de Fresnel, que ocurren siempre que la luz viaja de un material a otro con un cambio en la velocidad de la luz. La mayoría de los conectores y algunos empalmes crean reflexiones

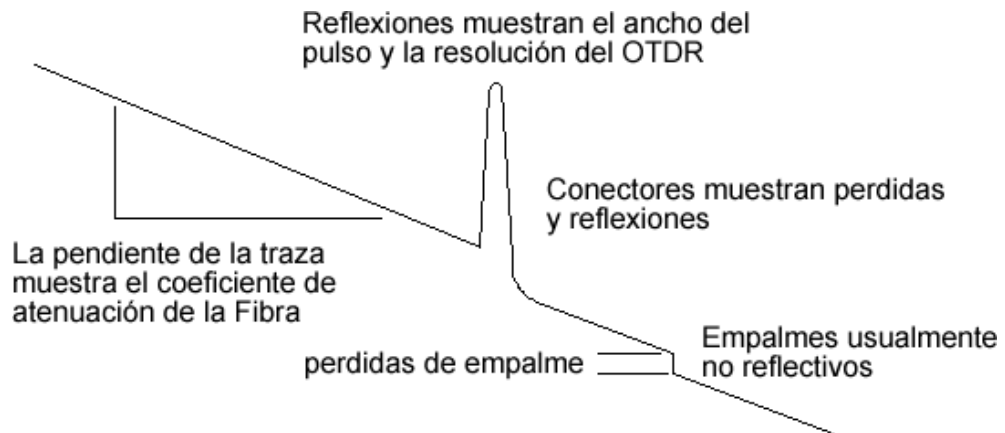
Figura. 2.13 Traza típica de un segmento de cable



2.6.1 Información en la traza de OTDR

Se dice que una imagen vale más que mil palabras, y la traza de OTDR utiliza muchas palabras para describir toda la información en ella.

Figura. 2.14 Traza de OTDR



La pendiente de la traza de la fibra muestra el coeficiente de atenuación de la fibra y es dada en dB/km por el OTDR. Para medir la atenuación de la fibra, se necesita una longitud de fibra bastante larga sin distorsiones en el extremo de resolución del OTDR o sobrecargas debido a las reflexiones grandes. Si la fibra es no lineal en cualquier extremo, especialmente cerca de un evento reflexivo como un conector, es necesario evitar esa sección al realizar la medida de la pérdida.

Los conectores y los empalmes son llamados "eventos" en el argot del OTDR. Ambos deben mostrar una pérdida, aunque los conectores y los empalmes mecánicos también podrán mostrar un pico reflexivo. La altura de ese pico indicará la cantidad de reflexión en el evento, a menos que sea tan grande que sature el receptor del OTDR. Entonces el pico tendría una cima plana y la cola en el extremo lejano, indicando que el receptor fue sobrecargado.

A veces, la pérdida de un buen empalme de fusión será demasiado pequeña para ser considerada por el OTDR. Eso es bueno para el sistema pero puede ser confuso para el operador. Es muy importante saber las longitudes de todas las fibras en la red, para saber dónde buscar eventos y no confundirse con eventos inusuales (como fantasmas, que se describirán posteriormente)

Los pulsos reflexivos pueden mostrar la resolución del OTDR. El poder ver dos eventos muy cercanos está limitado por el ancho del pulso. Generalmente, anchos de pulso muy grandes son utilizados para ser poder ver muy lejos dentro de la red mientras pulsos más estrechos son utilizados cuando es necesaria una alta resolución. Sin embargo, esto limitará la distancia que el OTDR podría ver.

2.6.2 Identificación de la Traza

La Figura 2.13 muestra una traza típica de un segmento sencillo de cable. Una traza de un enlace multi-segmento parecerá similar a la figura 2.15 o a la figura 2.16. La Figura 2.15 muestra una traza con una pérdida reflectiva, no uniforme en el centro. Puesto que la reflexión en el centro es causada por un fin de fibra, los dos segmentos están conectados con conectores especiales, empalmes mecánicos multimodo, o empalmes mecánicos monomodo. La Figura 2.16 muestra una traza con una pérdida no reflectiva, ni uniforme en el centro. Puesto que las fibras no tienen una reflexión, los segmentos están conectados con un empalme por fusión correctamente hecho de fibras multimodo o monomodo, un empalme mecánico en fibras monomodo, o conectores de contacto físico angular (APC – Angled Physical Contact). Los conectores APC suprimen la reflexión final de las fibras monomodo. Si la traza de la figura 2.16 fuera de un segmento de enlace simple, podría haber una rotura en un cable debido a tensión en el tubo. Si la traza en la figura 2.15 fuera de un segmento de enlace simple, podría haber instalación de cable incorrecta en el centro (una violación del radio de curva).

En resumen, es posible interpretar trazas de OTDR de una manera cualitativa utilizando un mapa y las figuras 2.15 y 2.16. Sin embargo, no es posible crear un

mapa a partir de una traza de OTDR, puesto que más de un tipo de elemento puede crear una caída o una reflexión en la traza.

Figura. 2.15 Traza de un enlace multisegmento con una conexión reflectiva en el medio

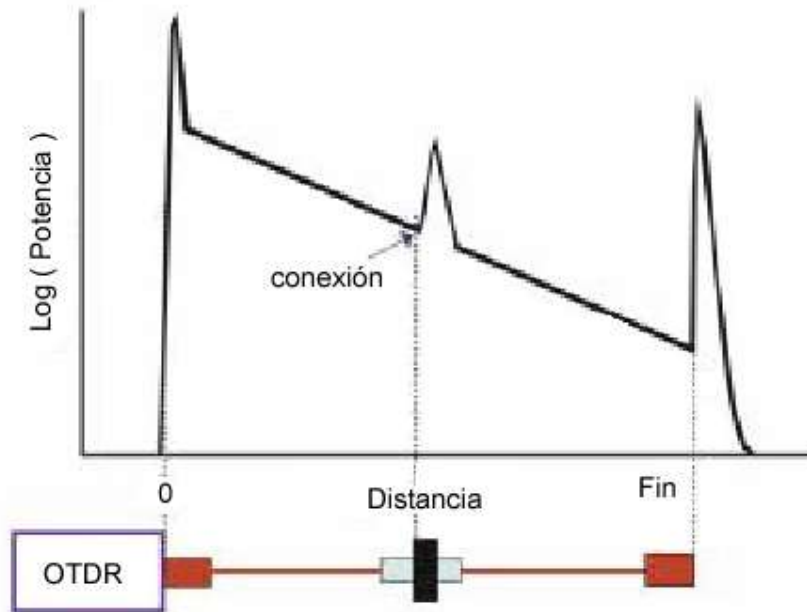
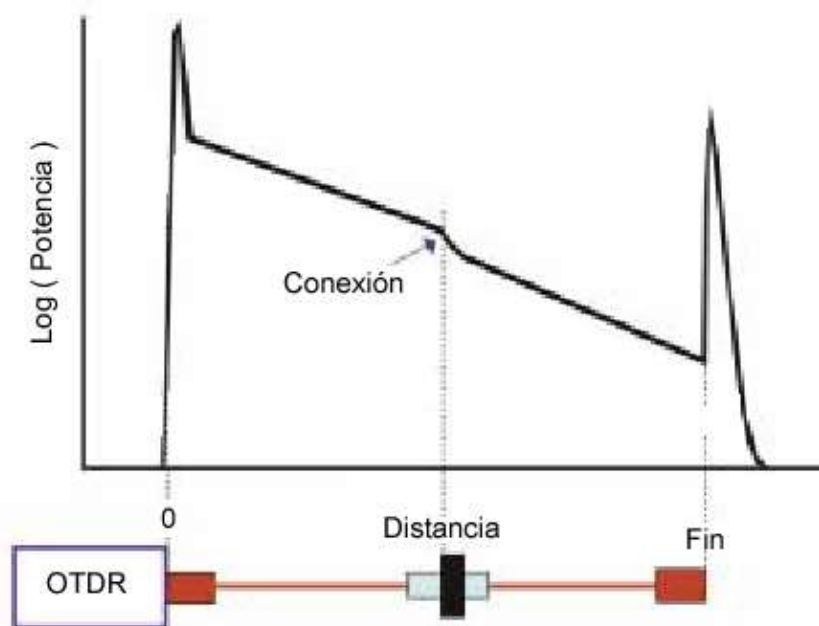


Figura 2.16 Traza de un enlace multisegmento con una conexión no reflectiva en el medio



2.7 ERRORES DE MEDICIÓN

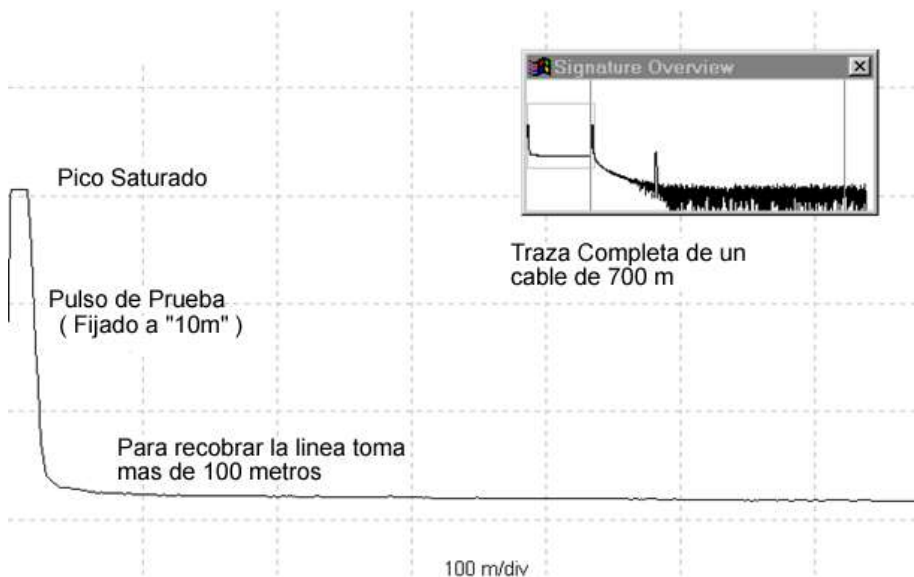
La cantidad de luz en dirección hacia el OTDR a partir de la cual se realiza la medida es muy pequeña comparada con la que está en el pulso de prueba, además no es necesariamente constante. Este es un elemento que afecta la operación y la exactitud de las medidas de OTDR, sus efectos se presentan a continuación.

2.7.1 Recuperación de Sobrecarga

Debido a que para el análisis solo un poco de la luz se devuelve al OTDR, el circuito del receptor de OTDR debe ser muy sensible. Esto significa que las grandes reflexiones, que pueden ser el uno por ciento de la señal saliente, saturarán el receptor, o lo sobrecargarán. Una vez saturado, el receptor requiere cierto tiempo para recuperarse, y mientras lo hace, la traza no es fiable para la medida según lo mostrado en la figura 2.17.

Este problema se presenta más frecuentemente en el conector del mismo OTDR. La reflexión causa una sobrecarga que pueda tomar el equivalente entre 50 metros a un kilómetro (170 a 3000 pies) para recuperarse completamente, dependiendo del diseño de OTDR, de la longitud de onda y de la magnitud de la reflexión. Generalmente se llama la "zona muerta". Por esta razón, la mayoría de los manuales de OTDR sugieren el uso de un cable " supresor de pulso", el cual a pesar de su nombre, no suprimirá los pulsos sino que simplemente le dará tiempo al OTDR de recuperarse antes de empezar a realizar una nueva prueba. Estos son también llamados "cables de lanzamiento".

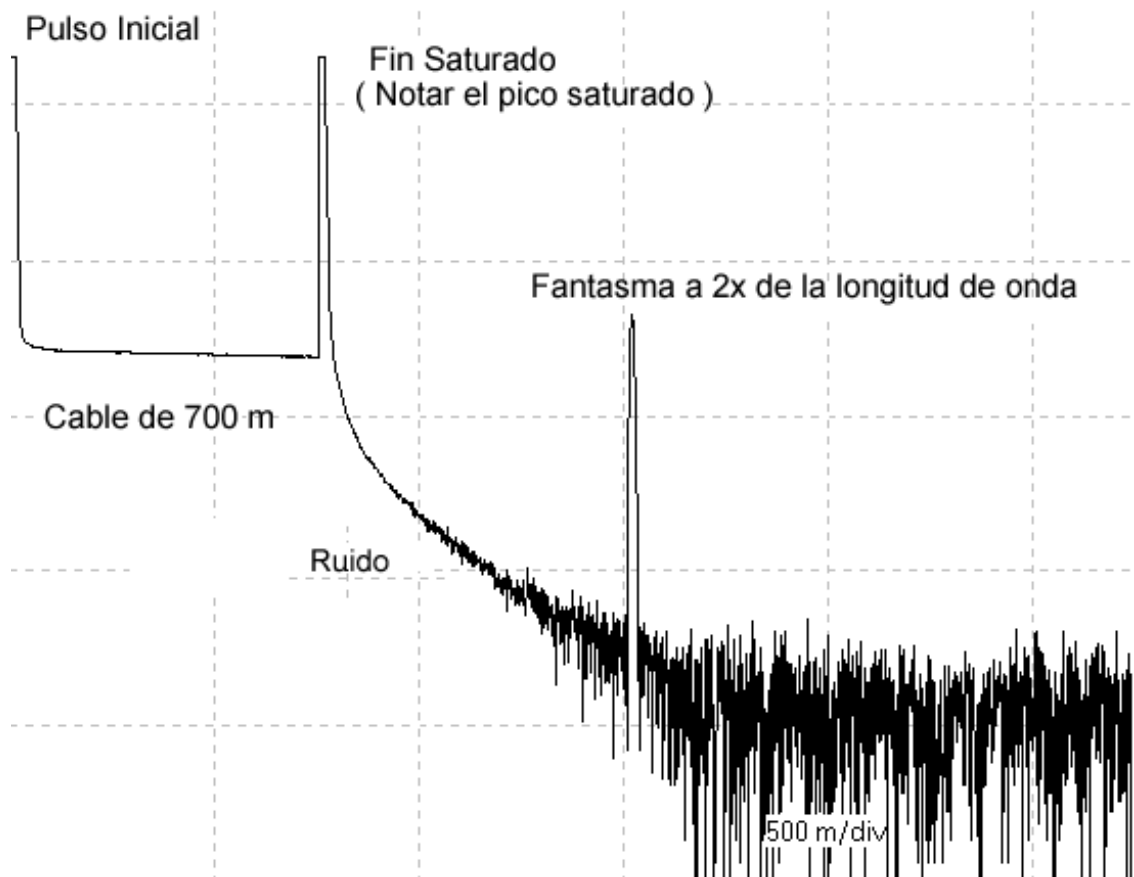
Figura. 2.17 Pulso y cable de "Lanzamiento" del OTDR



2.7.2 Fantasmas

Si se está probando cables cortos con conectores altamente reflectivos, es muy probable encontrarse con "fantasmas" como se muestra en la figura 2.18. Éstos son causados por la luz reflejada del conector de extremo lejano que se refleja en la fibra hacia adelante y hacia atrás hasta que se atenúa al nivel de ruido. Los fantasmas son muy confusos, pues parecen ser eventos reflectivos verdaderos como conectores, pero en realidad no representan ninguna pérdida. Si se encuentra un evento reflectivo en la traza en un punto donde no se supone que haya ninguna conexión, pero si la conexión del cable del lanzamiento al cable bajo prueba es altamente reflectiva, se debe buscar los fantasmas en los múltiplos de la longitud del cable de "lanzamiento" o del primer cable que se este probando.

Figura. 2.18 "Fantasmas" en OTDR



En los cables muy cortos, las reflexiones múltiples pueden confundir realmente. Por ejemplo, al probar con un OTDR un cable muy corto partido en la mitad, apareció un fantasma que hizo parecer como si el cable estuviera efectivamente cortado en el medio. La cuestión fue que el OTDR indicó que la falla estaba a 40 metros y el cable tenía solamente 40 metros de largo, mientras que el fantasma a 80 metros aparecía como el fin de fibra.

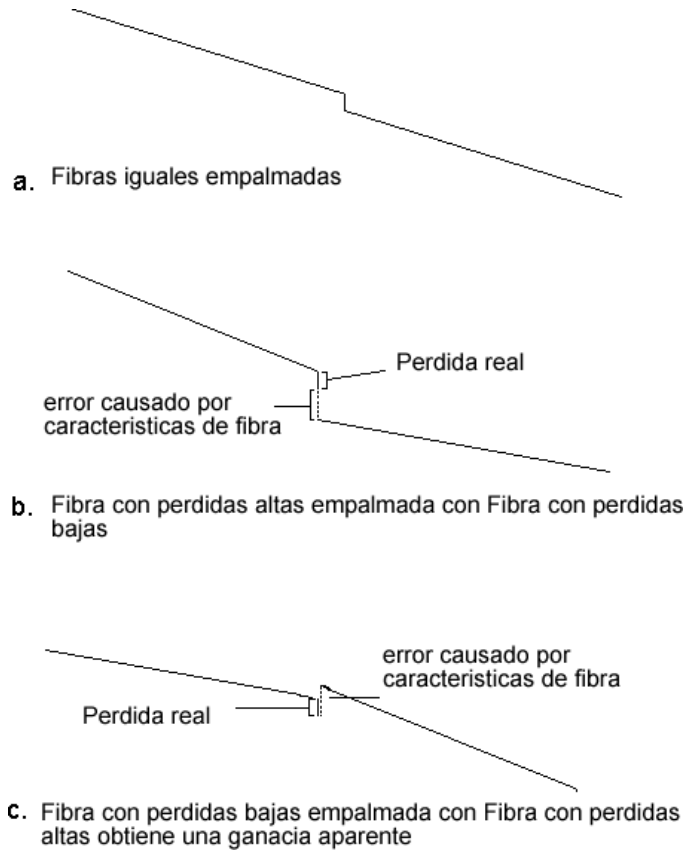
2.7.3 Errores por la variabilidad de retrodispersión

Otro problema que ocurre se da en función del coeficiente retrodispersión, término que determina simplemente la cantidad de luz del pulso de prueba que se dispersa hacia atrás en dirección al OTDR. Solamente la millonésima de la luz se dispersa atrás para poder efectuar la medición, y además no es una cantidad constante. La luz retrodispersada esta en función de la atenuación la fibra y el diámetro del núcleo de la misma. Una fibra puede deber su alta atenuación a que el cristal en ella dispersa más la luz. Si se miran dos fibras diferentes conectadas juntas en un OTDR y se intenta medir la pérdida de un empalme o de un conector, se tiene una fuente importante del error, la diferencia en retrodispersión de cada fibra.

Para entender más fácilmente este problema, ver la figura 2.19 donde se muestra dos fibras conectadas. Si ambas fibras son idénticas, por ejemplo al empalmar dos pedazos de una misma fibra, la retrodispersión será igual en ambos lados de la juntura, así que el OTDR medirá la pérdida real del empalme. Sin embargo, si las fibras son diferentes, los coeficientes de retrodispersión provocaran que un porcentaje diferente de la luz sea enviado al OTDR. Si la primera fibra tiene más pérdida que la que esta después de la conexión, el porcentaje de la luz del pulso de la prueba de OTDR disminuirá, así que la pérdida medida en el OTDR incluirá la pérdida real más un error de la pérdida causado por un nivel de retrodispersión más bajo, haciendo la pérdida medida más grande de lo que es en realidad. De manera opuesta, al realizar la conexión desde una fibra de bajas pérdidas a una fibra de altas pérdidas, se encuentra que la retrodispersión se incrementa, haciendo la pérdida medida menor de lo que actualmente es.

La diferencia en retrodispersión puede ser una fuente de error importante. Una diferencia de atenuación de 0,1 dB por kilómetro en las dos fibras puede conducir a un error de pérdida de empalme de 0,25 dB/km. Mientras esta fuente de error este siempre presente, puede ser prácticamente eliminada al tomar lecturas en ambos sentidos y haciendo un promedio de las medidas; muchos OTDRs tienen esto programado en sus rutinas de medición. Siendo esta es la manera más adecuada de conseguir resultados exactos.

Figura. 2.19 Errores de pérdida en mediciones con el OTDR



Otro error común puede ser debido a los cambios de retrodispersión causados por variaciones en el diámetro de la fibra. Una variación en el diámetro del 1% puede causar 0,1 dB de variaciones en retrodispersión. Esto puede hacer que las fibras muestren una atenuación más alta en una dirección, o fibras con "ondas" en la traza de OTDR causado por variaciones de fabricación en el diámetro de la fibra.

2.7.4 Superación de errores por retrodispersión

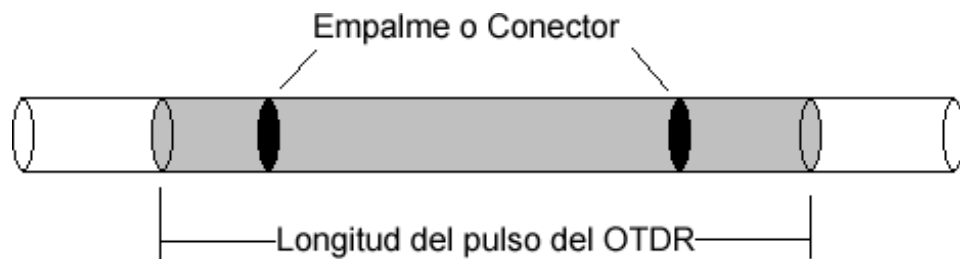
Se pueden superar estas variaciones en retrodispersión midiendo en ambas direcciones con el OTDR y haciendo un promedio de las pérdidas. Los errores en cada dirección, y el valor promedio medio están cerca del valor verdadero de la pérdida del empalme o del conector. Aunque esto contradiga el principal motivo de venta del OTDR, el hecho de poder medir la fibra solamente de un extremo, existe la posibilidad de realizar modificaciones para solucionar este tipo de problemas.

2.7.5 Limitaciones de la resolución

El pulso de prueba del OTDR, figura 2.20, tiene una longitud considerable en la fibra, típicamente de 5 a 500 metros de largo (17 a 1700 pies). Por tanto, no es posible ver características de la fibra a distancias menores ya que el pulso pasará a través de ellas simultáneamente. Así dos eventos que estén muy cerca, se pueden medir como un solo evento, por ejemplo si un conector y una degradación de fibra se encuentran muy cerca, esto aparecerá en el OTDR como un evento con una pérdida total que tiene en cuenta ambos eventos. Lo que podría llevar a pensar que el conector está malo y tratar de reemplazarlo, pudiendo ser el problema relevante, la degradación en la fibra.

De otro lado, este problema se muestra en los "manguitos"¹. Un OTDR puede mostrar que existe un empalme malo, pero puede ser una grieta o un punto de tensión en alguna otra parte en el "manguito".

Figura 2.20. La longitud del pulso del OTDR limita su resolución.



Existe una herramienta útil para estos casos. Se llama "localizador visual de fallas". Inyecta una luz láser brillante roja a través de la fibra para encontrar fallas. Si hay una pérdida alta, tal como un empalme malo o un conector malo, la luz perdida podría ser visible al ojo. Además podrá encontrar eventos cerca de los OTDR o cerca de otro evento que no son resueltos por el OTDR. Esta limitación se presenta también en cuanto a distancia se refiere, pues trabaja solamente sobre un radio de acción entre 2,5 millas o 4 kilómetros. El localizador visual de fallas es una herramienta tan valiosa que muchos OTDR's lo tienen incluido.

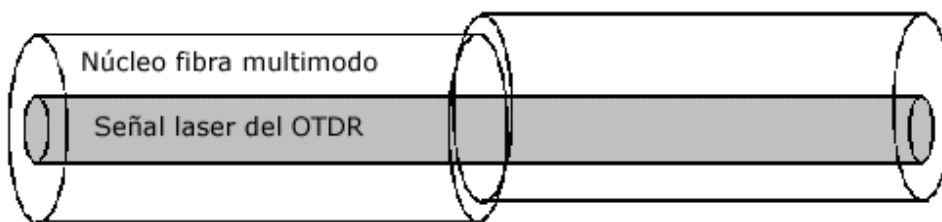
¹ "manguitos", reservas de fibra que se ubican cada 400 o 600 metros para realizar empalmes posteriores.

2.7.6 Consideración especial para fibra multimodo

La mayoría de las medidas de OTDR se hace con fibra monomodo, ya que la mayoría del cable exterior de la planta es monomodo. Sin embargo, el cableado realizado en edificios y campus es generalmente de fibra multimodo en la cual se utilizan como fuentes, los diodos emisores de luz para redes de velocidades bajas y medias. El OTDR tiene problemas con la fibra multimodo, puesto que utiliza una fuente de láser para conseguir la potencia necesaria para producir niveles suficientemente altos de retrodispersión para poder efectuar la medición.

La luz láser es transmitida por la fibra multimodo solamente en el centro del núcleo (Figura 2.21) porque su ángulo de emisión es muy bajo. Los diodos emisores de luz (LED – Light Emitting Diode), sin embargo, transmiten a través de núcleo de la fibra multimodo, debido a su patrón de radiación más ancho. Como resultado de la concentración de luz del OTDR en el centro de la fibra, la pérdida de conectores es más baja porque los errores típicos offset del conector no son considerados como un efecto. Incluso la fibra tiene pérdidas más bajas, porque la luz en el centro del núcleo viaja una trayectoria más corta que la luz en los bordes externos del núcleo.

Figura. 2.21 El OTDR mira solamente el núcleo de la fibra multimodo



2.7.7 Medidas de fibra, no distancia del cable

El OTDR mide factores en la fibra no la longitud de cable. A pesar de que esto pueda sonar obvio, esto causa muchos problemas en cable enterrado. Para prevenir la tensión en la fibra, los fabricantes del cable colocan cerca de el 1% más fibra en el cable que la longitud del cable mismo, para tener en cuenta un cierto "estiramiento." De tal forma, que si se mide con el OTDR 1000 pies (3300 metros), la longitud de cable real es cerca de 990 metros (3270 pies). Si se está buscando un punto donde las ratas masticaron a través de su cable, se cavaría a 10 metros (33 pies) de la localización real.

2.8 LIMITACIONES DEL OTDR

Para finalizar este capítulo, se ha querido recopilar las diferentes limitaciones que se han manejado, así como agregar unas consideraciones finales para el OTDR. Estas son :

- Interpretar las gráficas del OTDR requiere demasiada habilidad en la mayoría de los técnicos del campo. Esta gente debe confiar en el software de automatización para compilar las tablas de datos, y podrían tener una idea de qué hacer con un gráfico del OTDR. Puesto que solamente usuarios altamente expertos pueden instalar los parámetros para esta automatización, en algunas circunstancias la mayoría de los usuarios pueden encontrarse en una dificultad importante. Esto puede ser una dificultad en algunas situaciones del alquiler de OTDR
- Utilizar un OTDR para la aceptación del cable es relativamente fácil, puesto que los procedimientos estándares y la medida automatizada pueden ser generalmente utilizados. No obstante utilizar el mismo instrumento para encontrar la avería puede requerir una clase totalmente diferente de operador, que entienda como controlar el proceso de la medida en gran detalle, y también que interprete la gráfica exactamente.
- Debido a los requisitos de habilidad, la mayoría de organizaciones trabajan con un número pequeño e identificado de operadores expertos, quienes entrenan a otros y son llamados en caso de problemas
- Un OTDR tiene una capacidad limitada para detectar eventos que se encuentran muy cercanos. Esto sucede regularmente en sistemas prácticos de cable, y es debido al efecto de la "zona muerta" de OTDR. Aunque los fabricantes de equipos de prueba pueden anunciar una zona muerta del evento de 5 m, esto es solamente bajo condiciones específicas. En la práctica la zona muerta puede ir hasta un kilómetro para trabajos con distancias largas. Esto hace que un OTDR sea menos utilizado en redes pequeñas (por ejemplo una LAN).
- La exactitud de medida de la distancia de un OTDR es solamente cerca de 1 - 2 % en el mejor de los casos. Por ejemplo un resultado de 12,15 kilómetros es en realidad de aproximadamente 11,91 – 12,39 kilómetros, una incertidumbre cercana al medio kilómetro. Las razones de esto son fundamentales debidas a las variaciones en la fabricación del cable y al índice de refracción óptico. Un metro de la fibra de OTDR no es igual que un metro físico del cable
- Un OTDR presenta una exactitud limitada al determinar las pérdidas de extremo a extremo en un sistema de fibra óptica. Hace un trabajo pobre al medir la pérdida de los conectores en los extremos, que constituyen una causa por si mismos.
- Un OTDR es de uso muy limitado en los sistemas de "redes ópticas pasivas" que utilizan los acopladores o los divisores para conectar una fuente a locaciones

múltiples. Esto es porque la prueba en esta configuración trabaja solamente en una dirección, y probar con este método no es confiable

- Un OTDR no se puede utilizar para hallar las pérdidas en redes donde existe fibra óptica multimodo, pues implican la utilización de una fuente de diodo emisor de luz (LED - Light Emitting Diode) con características definidas.
- El uso accidental de un OTDR en un cable conectado a un receptor "vivo" puede estropear el receptor debido a los altos niveles instantáneos de potencia. Puede haber algunos aspectos de seguridad asociadas a las altas potencias del pulso en estos instrumentos, que exceden a menudo +20 dBm.

3. MODELADO DE LA APLICACIÓN OFNMS (OPTICAL FIBER NETWORK MANAGEMENT SYSTEM)

3.1 INTRODUCCION

Durante la especificación de requerimientos se realizó un exhaustivo análisis de todas las necesidades del cliente y del alcance de la herramienta dentro de las expectativas planteadas. Para aterrizar el diseño de la herramienta y garantizar un producto final de alta calidad, se presenta en este capítulo, los resultados obtenidos al seguir la metodología de trabajo escogida, aprovechando así los beneficios que facilita la filosofía de diseño software orientada a objetos. Utilizando la herramienta Rational Rose 2000 se muestra todo el diseño lógico del sistema en lenguaje UML (Unified Modeling Language – Lenguaje de Modelado Unificado), que mediante un conjunto de diagramas estructurados guiará los procesos de diseño, análisis, desarrollo e implementación de la aplicación.

Como primer paso, UML proporciona un método para conceptualizar adecuadamente el problema a solucionar, especificando las diferentes funcionalidades que prestará la aplicación y la interacción de esta con los usuarios. El resultado de este proceso quedará representado en un gráfico llamado Diagrama de Casos de Uso. Este diagrama ayudará a definir exactamente lo que el cliente quiere y lo que los desarrolladores deben implementar, estableciendo una adecuada interfaz de comunicación entre las dos partes que agilizará el proceso de diseño y análisis.

Luego de describir detalladamente las diferentes funciones que desempeñará el sistema, se procede a realizar un análisis exhaustivo de los diferentes requerimientos, para de manera abstracta especificar la estructura de la aplicación. Este proceso demanda la identificación de un conjunto de objetos descritos por medio de atributos y operaciones, los cuales interactuarán entre ellos y con los usuarios del sistema, proveyendo servicios o información. Como resultado de este proceso se creará el Diagrama de Clases que representará la estructura estática del modelado, lo cual ayudará a determinar los diferentes componentes a implementar.

Por último dentro del modelado UML se desarrollará el diagrama de secuencia, que teniendo en cuenta las clases proyectadas y los procesos especificados en los casos de uso, permitirá representar la interacción de los objetos que componen el sistema de manera dinámica. Este proceso ayuda a determinar atributos u operaciones adicionales que refinarán los existentes, para garantizar el correcto desempeño del sistema en el transcurso del tiempo.

3.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Estas especificaciones son el resultado del análisis de documentos y requerimientos, de las necesidades expuestas por el cliente (SIEMENS S.A), y del criterio definido por los desarrolladores.

En ese orden de ideas, se definieron unas características básicas y específicas del sistema como se detallará a continuación.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Manejo local y/o remoto de hasta 8 OTDR ´s.
- Monitoreo de fibra oscura.
- Comunicación a través de interfaz RS-232
- Mensajes de alarma a través de e-mail
- Manejo Backups (Copia de seguridad)
- Detección automática de fallas
- Registros mensuales y anuales de las curvas características
- Determinación aproximada de la distancia de la falla
- Interfaz gráfica amigable
- Gestión de la información
- Aplicación software en Inglés.

3.2.2 CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS

3.2.2.1 Seguridad

3.2.2.1.1 Tipos de Usuario

El sistema tendrá dos tipos de usuario, cada uno de los cuales podrá realizar determinadas funciones :

❖ Administrador

- Manejo de bases de datos (datos planta externa)
- Configuración de direcciones e-mail (envío mensajes de alarma)
- Actualización de curva característica
- Manejo de backups
- Manejo de parámetros de medición
- Ver curvas características

- Ver tablas de eventos
- Ver tablas información geográfica.

❖ Visitante

- Ver curvas características
- Ver tablas de eventos
- Ver tablas información geográfica.

3.2.2.1.2 Backups

Permite almacenar toda la información de la base de datos manejada por la aplicación en un archivo. Asimismo, le permitirá la restauración de toda la información desde un archivo a la base de datos.

3.2.2.2 Fallas

3.2.2.2.1 Detección Automática

El sistema estará en la capacidad de tomar la información de los eventos que se presenten en las curvas características medidas por los OTDR, la cual una vez analizada permitirá establecer irregularidades en la fibra óptica. Además, se permitirá definir la distancia de la anomalía, tomando como referencia la ubicación de las cámaras en trayecto. Esta información se entregará indicando la distancia en kilómetros a la que se encuentra la anomalía dentro de cada enlace y las cámaras entre las que se encuentra, especificando sus respectivas coordenadas geográficas.

3.2.2.2.2 Alarmas

Se han especificado dos tipos de alarmas que permitirán al sistema cierta flexibilidad a la hora de tomar decisiones, es decir, basándose en diferentes valores predefinidos (umbrales) se estará en capacidad de decidir la severidad de la anomalía. De esta forma se tiene:

Warning (Aviso) : Se dispararán este tipo de alarmas cuando se superen los siguientes umbrales:

- Atenuación por empalmes: Variación de $-/+ 0.1 - 0.5$ dB
- Atenuación por kilómetro: Variación de $+/- 0.19 - 0.25$ dB

Estos se pondrán de manifiesto en la curva característica representándose

por medio de puntos amarillos en la misma.

Críticos: Se dispararán este tipo de alarmas cuando se superen los siguientes umbrales:

- Atenuación por empalmes: Variación de mayor |0.5|
- Atenuación por kilómetro: Variación de mayor |0.25|

Una vez se detecte una alarma de este tipo, se mostrará la curva característica donde se manifestará la anomalía por medio de un punto rojo. Además, se permitirá el envío automático de mensajes de alarma a las direcciones de correo especificadas por el administrador.

3.2.2.2.3 Mensajes

Esta opción constituye una alternativa para la difusión de la información de los diferentes eventos. La aplicación podrá informar rápida y oportunamente las diferentes anomalías que vaya monitoreando. El administrador decidirá a que direcciones e-mail se enviaran los mensajes según considere pertinente. Adicionalmente se podrá relacionar una dirección e-mail con un grupo de teléfonos celulares, permitiendo que el mensaje llegue a dispositivos móviles, este servicio debe ser contratado por SIEMENS.

3.2.2.3 Funcionamiento

3.2.2.3.1 Registros mensuales y anuales

Por medio del muestreo y obtención periódica de las curvas características, el sistema brindará la capacidad de llevar un control sobre el comportamiento de la fibra con el paso del tiempo. Así, mensual y anualmente se almacenará en la base de datos registros de esta información, la cual podrá ser consultada y comparada en cualquier momento. El registro mensual se hará el primer día de cada mes a una hora determinada; el registro anual será el mismo del primer mes del año.

3.2.2.4 Interfaz gráfica de usuario

Se describirá la forma en que se presentará la información al usuario del sistema, intentando hacerlo lo más amigable y funcional posible. Estará dividida en las siguientes ventanas.

3.2.2.4.1 Ventana de presentación y autenticación

Se da la bienvenida al sistema. Tendrá dos campos de texto, uno para ingresar el nombre de usuario y otro para ingresar una contraseña, y un botón para entrar al sistema.

3.2.2.4.2 Ventana principal

Presentara toda la información del sistema de monitoreo a nivel general, es decir mostrará lo siguiente:

- Botones que representan los OTDR´s que actualmente se están consultando y etiquetas con los enlaces que esta monitoreando cada uno. Cuando se detecte alguna falla el botón del OTDR respectivo cambiará de color, es decir, en estado normal el botón será verde, en el evento de alarma de Alerta (warning) será amarillo y en el evento de alarma crítica el botón será rojo. Al presionar algún botón de estos se presentará otra ventana con la información del OTDR respectivo.
- Un botón que abrirá una ventana con la configuración de la aplicación.
- Un botón que abrirá una ventana con la configuración de los OTDR`s
- Un botón de salida.
- Un botón de información de la aplicación

3.2.2.4.3 Ventana de OTDR

Muestra toda la información monitoreada por un OTDR especifico, como se muestra a continuación:

- Una etiqueta donde aparecerá un gráfico con la curva característica del enlace monitoreado. Las fallas se distinguirán en la gráfica por medio de puntos de colores.
- Una etiqueta con la tabla de los eventos significativos dentro del enlace monitoreado, aquí se resaltarán los eventos que están reportando fallas.
- Una etiqueta en la que aparecerá la información geográfica.
- En el evento de una falla se desplegará toda la información relacionada con la detección automática en un campo de texto.
- Una Etiqueta que se abrirá para consultar y comparar registros pasados.
- Un botón para guardar los gráficos.
- Un botón para imprimir los gráficos.

3.2.2.4.4 Ventana de registros

Esta ventana tendrá los siguientes componentes:

- Una etiqueta donde se mostrarán las curvas características solicitadas.
- Dos listas con todos los registros tomados hasta el momento, una mensual y otra anual.
- Un botón para limpiar el campo del gráfico.
- Un botón para guardar los registros.
- Un botón para imprimir los registros.

3.2.2.4.5 Ventana de configuración

Permitirá la configuración de diferentes características que determinan el funcionamiento del sistema de monitoreo:

- Etiquetas para modificar variables de configuración del OTDR como IOR¹ (Index of Refraction – Índice de Refracción) y factor helicoidal².
- Botones para la activación y desactivación de OTDR's.
- Etiqueta donde se hará el manejo de las direcciones e-mail.
- Un botón que abrirá para ingresar a la base de datos geográfica.
- Etiqueta donde se podrán cambiar contraseñas.
- Etiqueta donde se crearán las tablas correspondientes a la información geográfica.

3.2.2.4.6 Ventana de configuración de OTDR

Permitirá la configuración de las diferentes características de cada OTDR:

- Etiquetas para modificar variables de configuración del OTDR como IOR y factor helicoidal.
- Botones para la activación y desactivación de OTDR's. Campos para asignar enlaces a cada OTDR.

3.3 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

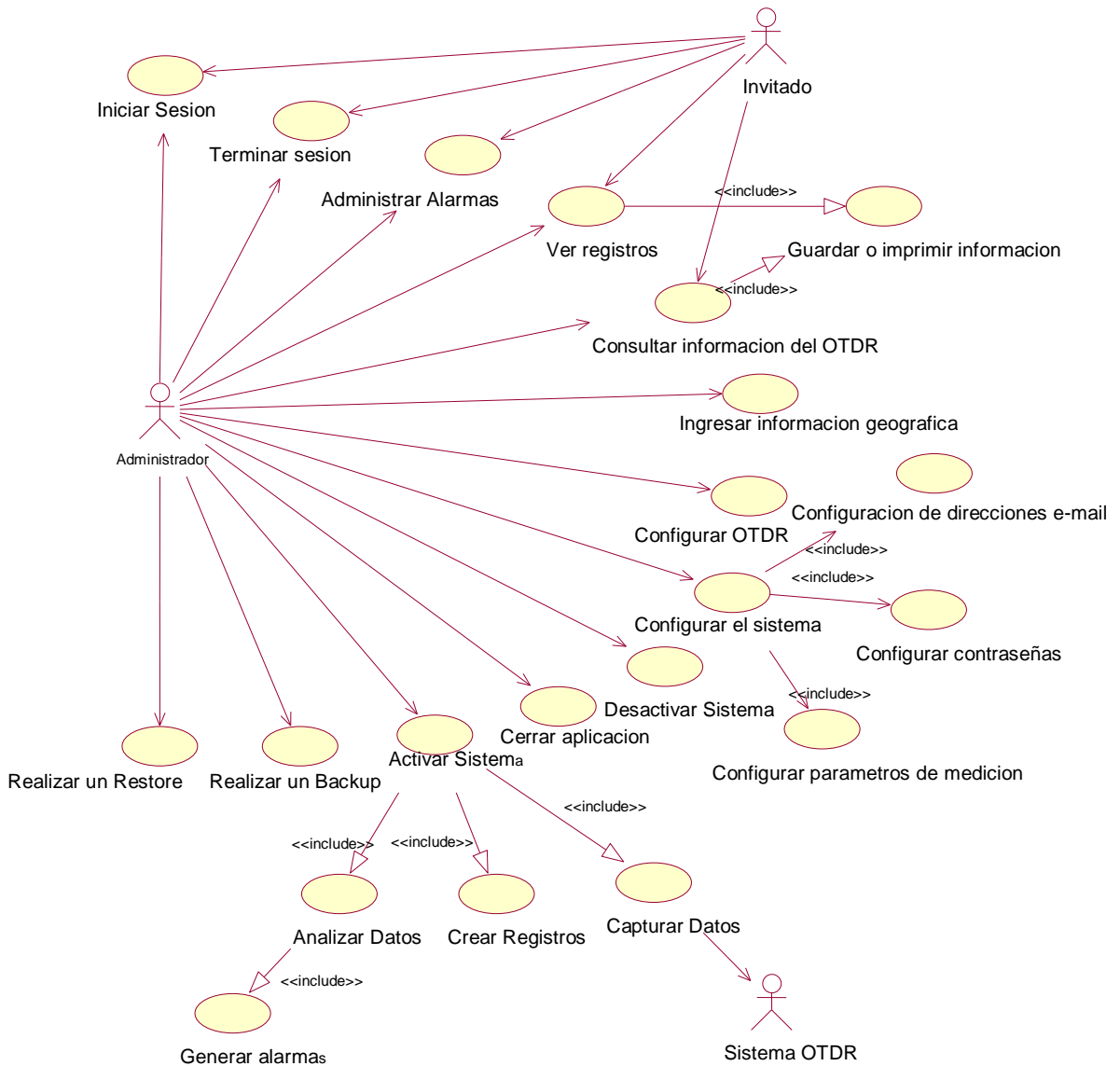
El objetivo final en cualquier diseño de software es satisfacer las especificaciones definidas junto con el cliente para el sistema. Estos requisitos pueden ser de software, de productos, o requisitos de pruebas. La meta de capturar y comprobar los requisitos

¹ IOR: relación entre la velocidad de la luz en la fibra y en el vacío.

² Factor helicoidal: Factor que representa el arrollamiento del hilo de fibra óptica dentro del cable protector.

del usuario es asegurar que todos serán completados por el diseño, y que el diseño es acorde con los requisitos especificados. El Diagrama de Caso de Uso provee el punto de entrada para analizar los requisitos del sistema, y el problema que se debe solucionar. En ese orden de ideas, se presenta a continuación el diagrama obtenido tras dicho proceso.

Figura. 3.1 Diagrama de Casos de Uso



3.4 DIAGRAMA DE CASOS DE USO EXTENDIDO

La descripción de los casos de uso de un sistema no es homogénea ni en tiempo ni en espacio. Su nivel de detalle se incrementa a medida que avanza en el proceso de desarrollo y en un momento dado es posible tener un mayor nivel de detalle para ciertos casos de uso, los mas críticos, mientras que otros importantes se dejan para más tarde. De esta forma, se presenta a continuación la descripción extendida de los casos de uso definidos en el diagrama anterior.

Caso de Uso: Iniciar Sesión

Actores: Administrador e Invitado

Propósito: Permitir a los usuarios ingresar al sistema y hacer uso de sus diferentes funcionalidades.

Resumen: Este caso de uso se inicia cuando la ventana de autenticación del sistema es desplegada en pantalla. Aquí, el usuario deberá ingresar su login (nombre de usuario) y password (contraseña) para ingresar al sistema.

Tipo: Esencial / Primario

Flujo Principal:

- El sistema despliega la ventana de "autenticación"
- El usuario suministra su login y password
- El sistema recibe el login y el password y realiza la validación (e1)
- El usuario ingresa al sistema

Flujo de Excepciones

E1: La información es incorrecta

- El sistema borrará los campos de login y de password en la ventana de "Autenticación"
- El sistema lanzará un mensaje : "Invalid Password" o "Invalid Login"

Figura. 3.2 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Iniciar Sesión"

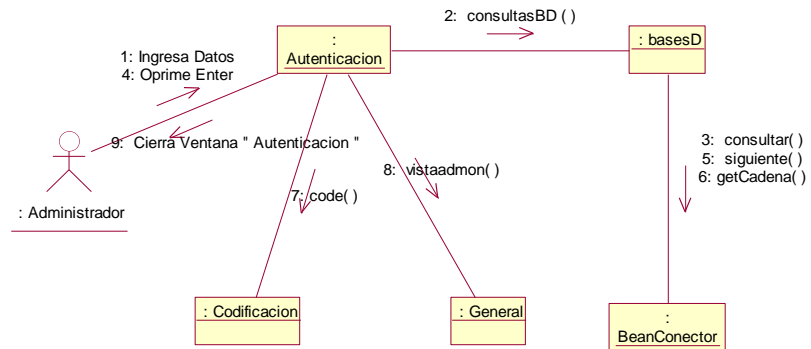
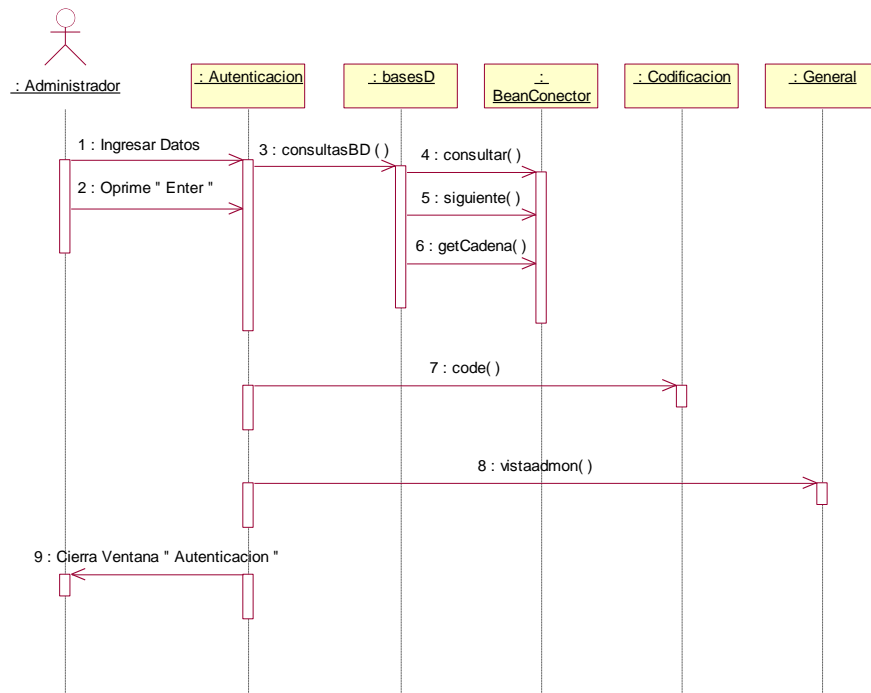


Figura. 3.3 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Iniciar Sesión"



Caso de Uso: Terminar Sesión

Actores: Administrador e Invitado

Propósito: Finalizar determinada sesión y quedar listo para iniciar una nueva sesión

Resumen: Este caso de uso se inicia cuando un usuario decide terminar las acciones que ha realizado dentro del sistema, para esto, pulsa el botón "Logout", y aparece la ventana de autenticación donde podrá identificarse un nuevo usuario.

Tipo: Esencial / Secundario

Flujo Principal:

- El usuario cierra o minimiza las ventanas que tenga abiertas y se ubica en la ventana General
- Oprime el botón "Logout"
- El sistema cerrará la sesión y desplegará la ventana de autenticación.

Figura. 3.4 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Terminar Sesión"

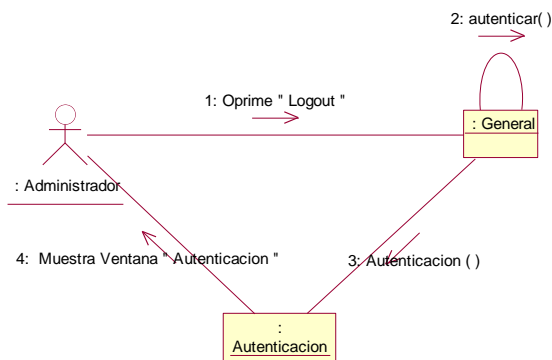
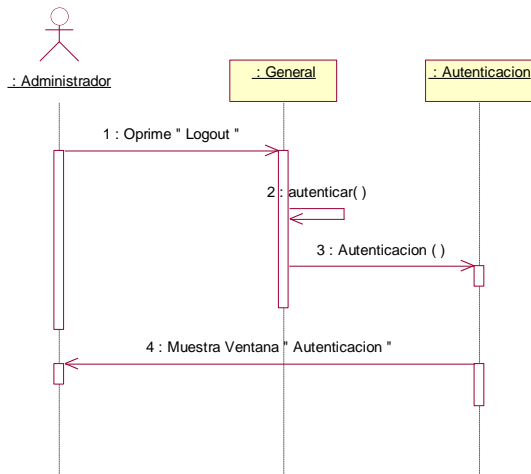


Figura. 3.5 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Terminar Sesión"



Caso de Uso: Administrar Alarmas

Actores: Administrador

Propósito: Permitir al administrador atender, reconocer y llevar un registro de las alarmas que se han presentando y un registro de las alarmas solucionadas

Resumen: Este caso de uso se inicia cuando ha sido seleccionado un determinado OTDR. El administrador podrá observar en la pestaña de "Current Alarms" las alarmas que se presentan en el enlace monitoreado por dicho OTDR. Aquí, podrá reconocer las alarmas de tal forma que el sistema no seguirá alertando por las mismas. Además, podrá indicar cuales de esas alarmas ya han sido solucionadas y enviarlas a un archivo de registro.

Tipo: Esencial / Secundario

Flujo Principal:

- Al detectar una alarma el sistema en la ventana general pinta de color rojo el botón del otdr correspondiente, emite un sonido como señal de alarma y envía SMS vía e-mail.
- El administrador pulsa el botón del OTDR alarmado.
- El sistema despliega la ventana de dicho OTDR
- El administrador selecciona la pestaña "Current Alarms"
- El sistema despliega en una tabla la información necesaria de las alarmas que se estén presentando en el enlace monitoreado por el otdr en cuestión.
- El administrador reconoce las alarmas (S1, S2)
- El sistema deja de enviar e-mail y desactiva el sonido causado por estas alarmas.
- El administrador cierra la ventana del OTDR y vuelve a la ventana general.

Subflujos:

S1: El Administrador no reconoce las alarmas

- El Sistema continúa generando señales de alarma: sonido y envío de SMS vía e-mail.

S2: Alarmas Solucionadas

- Una vez ha sido solucionada determinada alarma, el administrador informa al sistema de ello, seleccionando la alarma en la tabla respectiva y oprimiendo el botón "Clear Alarm".
- El Sistema borrará dicha alarma de la pestaña "Current Alarm" y la enviará a un archivo de registro.

Figura. 3.6 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Administrar Alarmas"

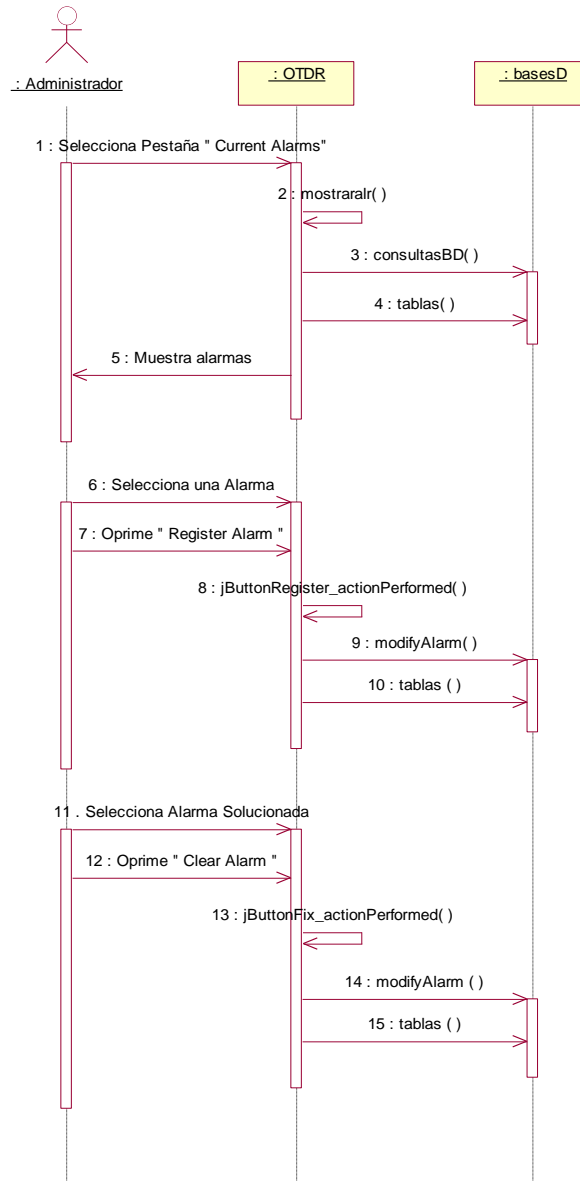
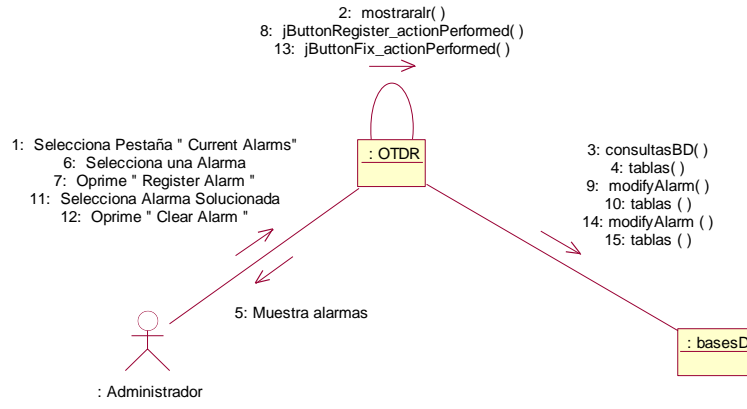


Figura. 3.7 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Administrar Alarmas"



Caso de Uso: Ver Registros

Actores: Administrador, Invitado

Propósito: Permite al usuario observar la curva característica y las tablas de eventos de la fibra monitoreada en diferentes meses del año o en diferentes años.

Resumen: como principal característica el sistema, mensualmente realiza un registro de la información monitoreada en cada OTDR, como la curva característica y las tablas de eventos. El usuario con necesidad de observar estos registros accede a las ventanas designadas para este propósito.

Dentro de está ventana por medio de un JCOMBOBOX que despliega todos los registros disponibles selecciona el mes que se quiere analizar y automáticamente despliega la información

Si se desea se puede desplegar curvas características de hasta 3 registros diferentes, para de esta forma, analizar los cambios en la fibra en el transcurso del tiempo.

Tipo: Esencial/secundario

Precondiciones:

- El usuario debe haber ingresado al sistema
- El sistema debe tener almacenado al menos un registro en la base de datos.
- Se debe definir el OTDR del cual se verán los registros.

Flujo principal:

- Este caso de uso comienza cuando el usuario presiona el botón del OTDR que quiere analizar e ingresa en la pestaña de registros (Registers).
- El sistema despliega en esta ventana una lista con todos los registros disponibles en la base de datos.
- El usuario selecciona uno de los registros y presiona un botón para cargar el gráfico (Load).
- Ya cargado el gráfico se puede cargar otro gráfico o borrar el existente.
- Si selecciona otro registro y se presiona el botón de cargar (Load), Subflujo S1: Cargar otro gráfico.
- Si presiona el botón de borrar, Subflujo S2: borrar el gráfico presente.

Subflujos:

S1: Cargar otro gráfico

- Se despliega el gráfico del otro registro sobrepuesto sobre el anterior. (E1)

S2: borrar el gráfico presente

- Se blanquea la pantalla donde se despliega el gráfico.

Flujo de Excepciones

E1: Se carga más de 3 registros

- No ocurre nada en el gráfico y se despliega un mensaje informando que solo pueden cargarse 3 gráficos.

Figura. 3.8 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Ver Registros"

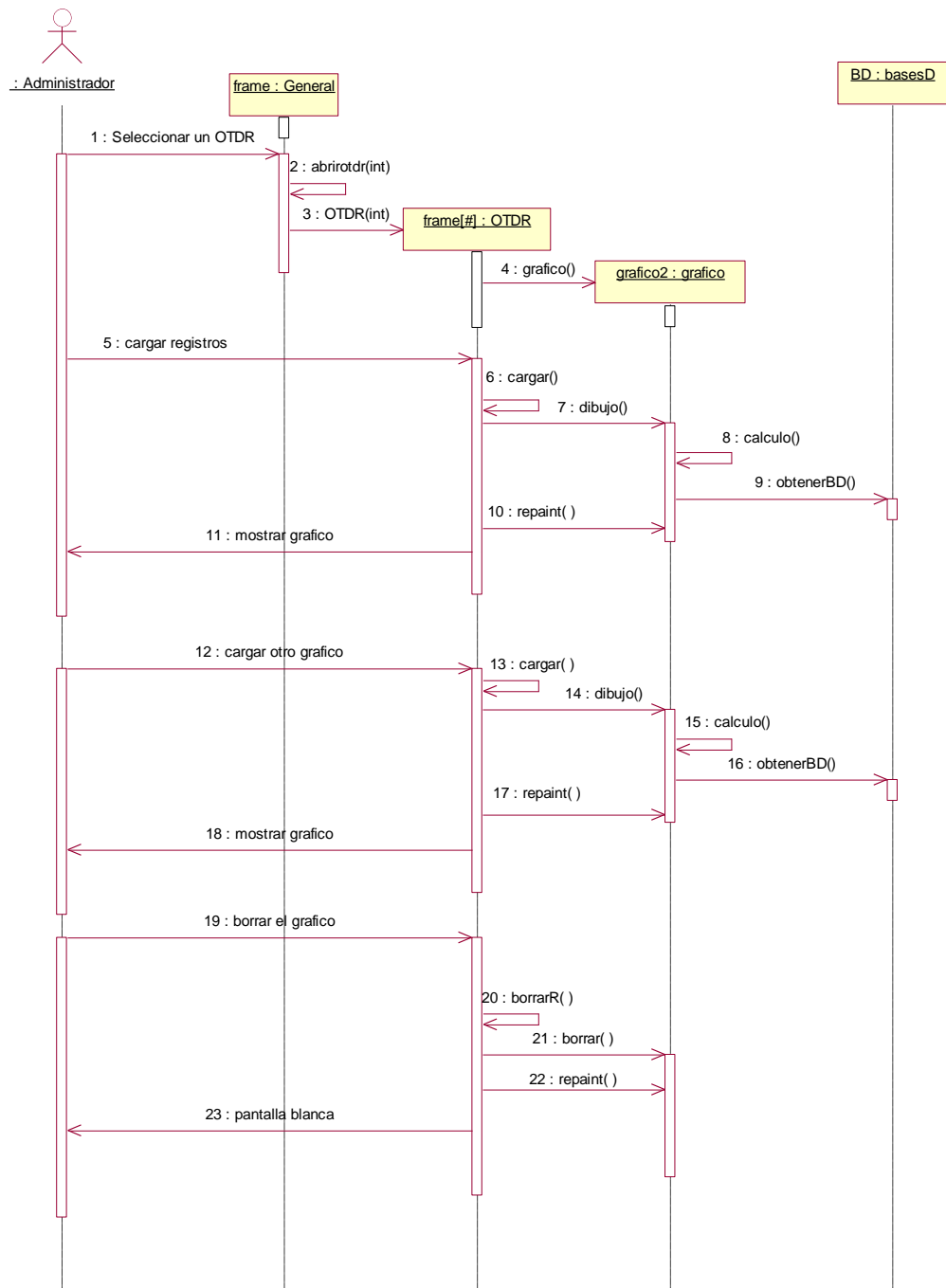
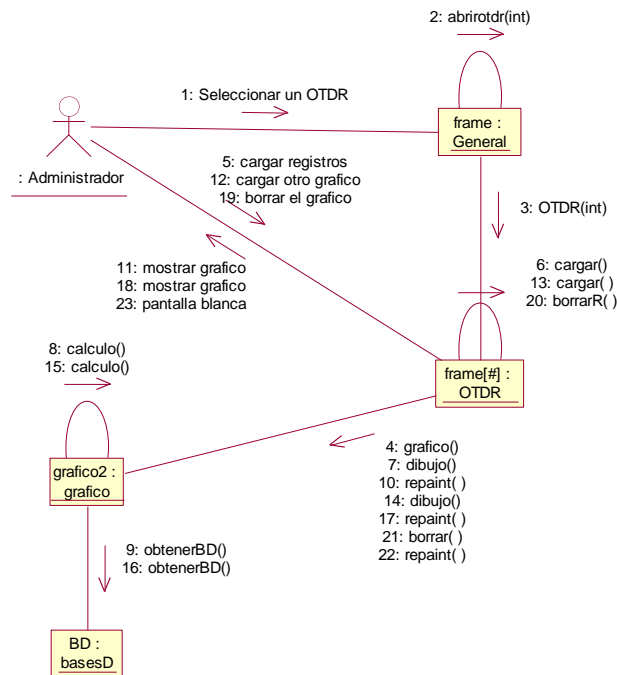


Figura. 3.9 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Ver Registros"



Caso de Uso: Consultar Información de OTDR

Actores: Administrador e Invitado

Propósito: Permitir escoger determinado OTDR para conocer la información de las medidas tomadas por el mismo y su respectivo análisis.

Resumen: Este caso de uso se inicia cuando el Administrador desea conocer y analizar el comportamiento de un determinado enlace. Para ello, en la pantalla general oprime el botón de OTDR que desee y podrá acceder a la ventana del OTDR.

Tipo: Esencial / Primario

Flujo Principal:

- El usuario se ubica en la ventana "General" y oprime el botón del OTDR que desea consultar.
- El sistema presentará al usuario la ventana con título: "OTDR # x - Descripción", donde aparecerá toda la información referente al mismo, clasificada dependiendo del tipo de información y dividida en pestañas dentro de la ventana.
- El usuario escoge y pulsa una de las pestañas con información gráfica (S1).

- El sistema mostrará una ventana con un gran cuadro central en blanco (Donde se mostrará la gráfica)
- El usuario oprime el botón "Show"
- El sistema despliega la gráfica que contiene la curva característica. Además, en la parte superior de la ventana aparecerá la fecha y hora en la que fue tomada dicha información (E1).
- Después de analizar la información, el usuario cierra la ventana y regresa a la ventana General (S2).

Subflujos:

S1: El usuario selecciona información escrita

- El usuario selecciona y oprime una de las pestañas con información escrita. Esta puede corresponder a tablas de eventos o a información geográfica.
- El sistema responde desplegando una ventana en la cual, aparecerán en la parte superior de la ventana la fecha y hora de la medida y los botones "Save" y "Print" y en el campo central, una tabla con la información obtenida por el OTDR en su monitoreo (E1).
- El usuario cierra la ventana y regresa a la ventana general.

S2: El usuario decide seguir con la consulta

- El usuario no cierra la ventana y continúa seleccionando pestañas de acuerdo a la información que quiera consultar.
- El sistema seguirá respondiendo a las solicitudes hechas por el usuario.

Flujo de Excepción:

E1: El Sistema no recibe respuesta del OTDR

- El sistema desplegará tanto gráficas como tablas en blanco.

Figura. 3.10 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Consultar Información de OTDR"

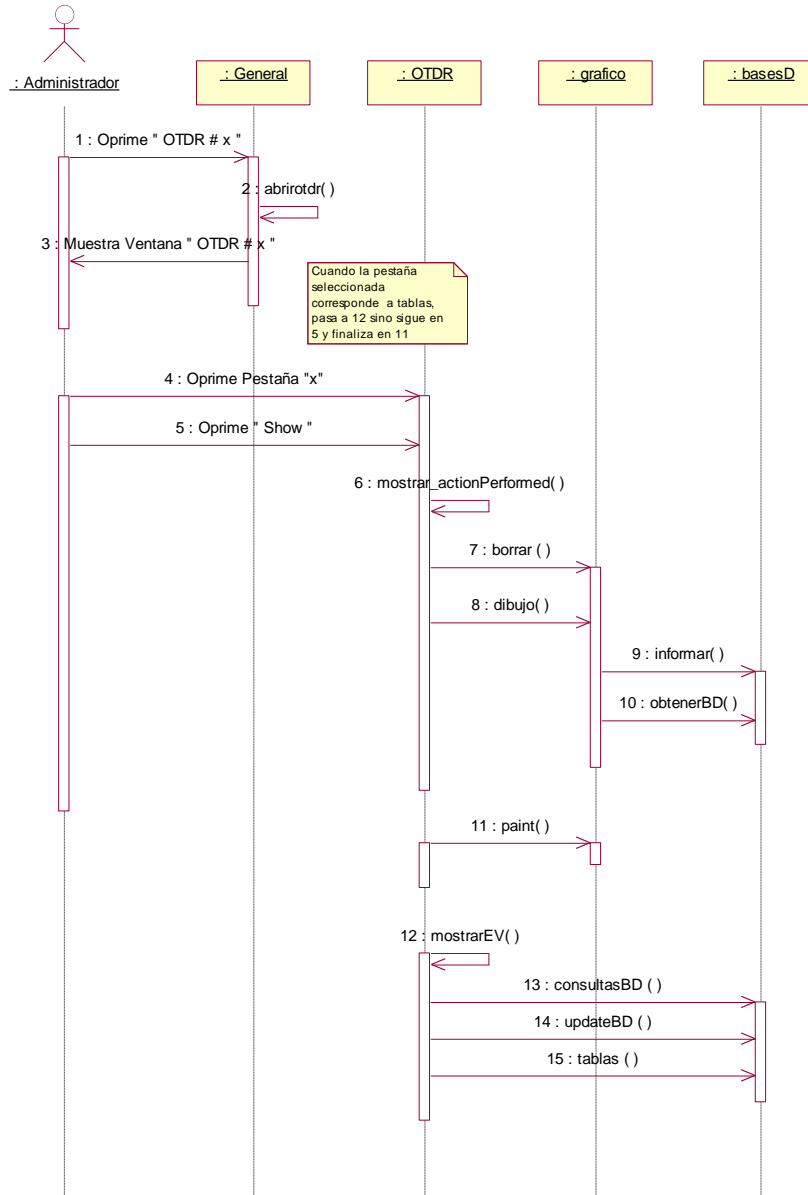
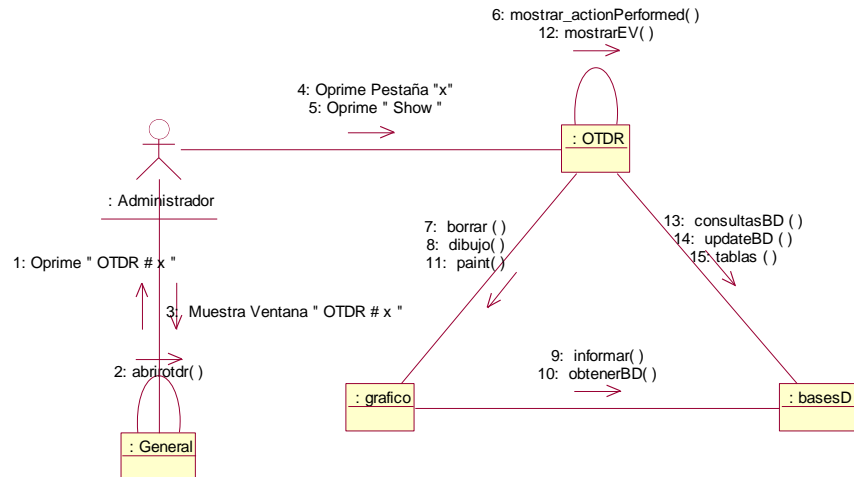


Figura. 3.11 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Consultar Información de OTDR"



Caso de Uso: Guardar o Imprimir Información

Actores: Administrador e Invitado

Propósito: Proveer de portabilidad a la información manejada y obtenida por el sistema.

Resumen: Este caso de uso tiene su inicio cuando el usuario al estar en alguna de las ventanas del sistema en las cuales se presenta determinada información decide almacenar o imprimir la misma. Para ello, el usuario oprimirá los respectivos botones que aparecerán en la ventana y podrá ejecutar estas operaciones. El sistema podrá grabar la información en el disco duro del servidor, en medio magnético o en medio óptico (Si se tiene el CD - Writter); la impresión utilizará la impresora que tenga configurada el servidor.

Tipo: Opcional

Referencias Cruzadas:

Flujo Principal:

- El usuario ingresa a una de las ventanas que tengan los botones "Save" y "Print".
- El usuario pulsa el botón "Save" (S1)
- El sistema muestra una ventana en la cual el usuario puede especificar la ubicación y el nombre del archivo a almacenar.
- El usuario determina la ubicación y el nombre y oprime "Save" (S2).
- El sistema cierra la ventana anterior y retorna a la ventana principal (E1).

Subflujos:

S1: El Usuario desea imprimir la información

- El usuario oprime "Print".
- El sistema busca cual es la impresora predeterminada en el servidor (E2)
- El sistema verifica el estado de la impresora (E3)
- El sistema inicia el proceso de impresión
- El sistema despliega una ventana en la que indica las características y la evolución de la impresión.
- Cuando finaliza, cierra la ventana de la impresión y vuelve a la ventana principal.

S2: El Usuario especifica como ubicación disco de 3 ½

- El Sistema buscará en la unidad si hay dispositivo disponible para realizar el almacenamiento.
- Si existe, almacena la información el disco y cierra la ventana (E1)

Flujos de Excepción:

E1: No hay Disco en la unidad

- El Sistema lanza un mensaje indicando el error : " Please, Insert Disk "

E2: No hay impresora predeterminada

- El Sistema indicará que es imposible ejecutar esta operación indicando a través de un mensaje la inexistencia de la impresora.

E3: La impresora no responde

- El Sistema verifica el estado y si esta no responde envía un mensaje alertando al usuario del problema.

Figura. 3.12 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Guardar o Imprimir Información"

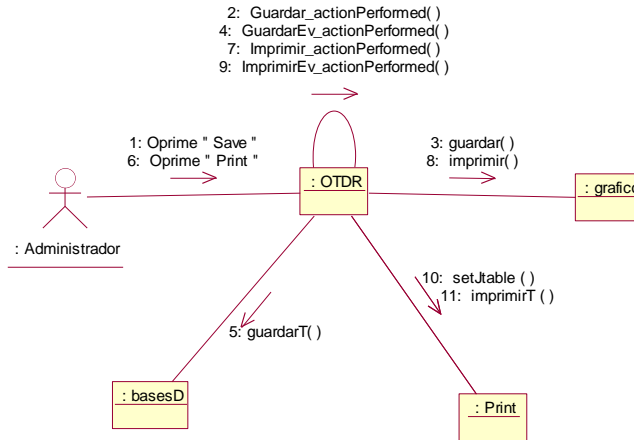
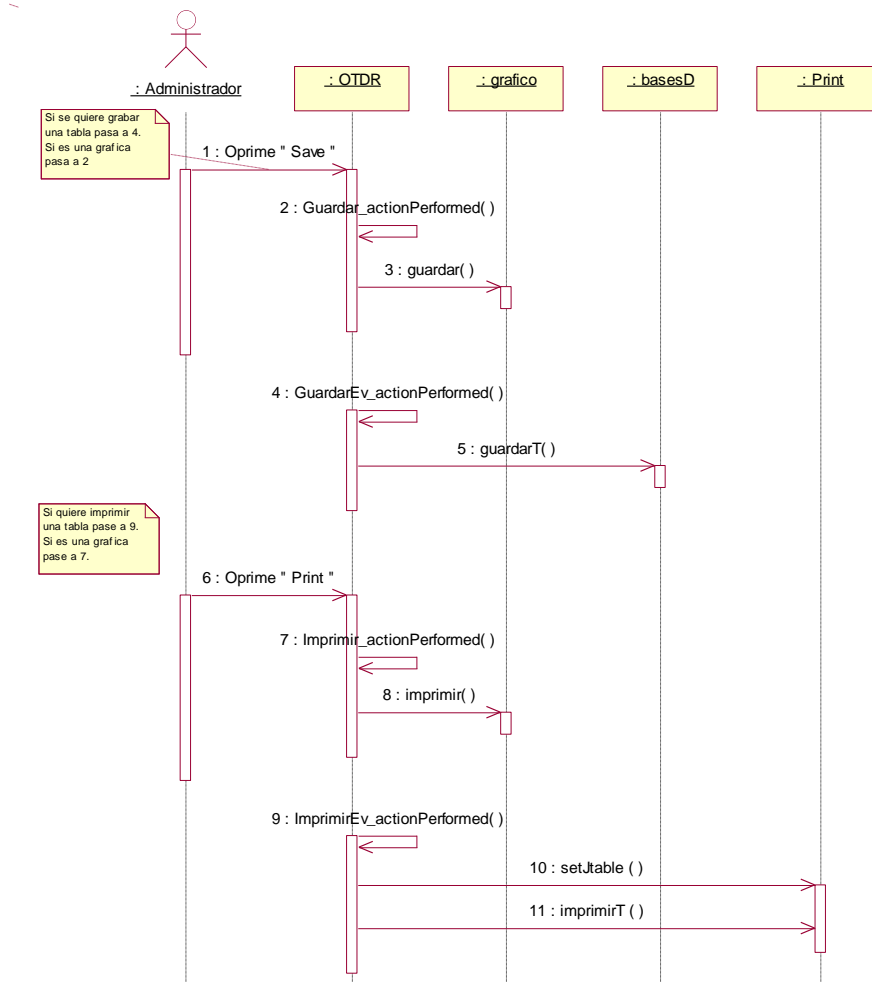


Figura. 3.13 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Guardar o Imprimir Información"



Caso de Uso: Ingresar información geográfica

Actores: Administrador

Propósito: Ingresar la información geográfica al sistema, para que este detecte geográficamente la localización de una posible falla.

Resumen: Cuando se instala por primera vez el sistema o se necesita cambiar información geográfica, el administrador debe acceder a la ventana de configuración. En esta se despliega toda la información actual, permitiendo su modificación y la adición de información nueva.

Tipo: Esencial/primario

Precondiciones:

- El usuario debe haber ingresado al sistema

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el administrador ingresa en la ventana de configuración y selecciona la pestaña para ingresar información geográfica (Database).
- En esta automáticamente, se despliega por medio de una tabla el nombre de los enlaces que han sido introducidos al sistema.
- El usuario puede ingresar otro enlace. Subflujo S1: ingresar enlace
- El usuario puede borrar un enlace. Subflujo S2: borrar enlace

Subflujos:

S1: ingresar enlace

- ingresa el nombre del enlace en el campo especificado para esto y presiona el botón "create link" (E1).
- El sistema automáticamente despliega una ventana para seleccionar un archivo. (jfilechooser)
- En esta ventana el usuario puede navegar el disco duro para seleccionar el archivo que contiene la información geográfica de un enlace. Se debe tener en cuenta que este archivo debe prepararse para que sea correctamente ingresado por el sistema.
- Por último se presiona el botón "import" y se cierra esta ventana. (E2, E3)
- El sistema introduce información en la base de datos y despliega el nombre del enlace en la tabla respectiva.

S2: borrar enlace

- Selecciona el enlace de la tabla y presiona el botón "delete link".

- Automáticamente el sistema borra ésta información de la base datos y actualiza la tabla donde despliega los enlaces.

Flujos de excepción:

E1: el usuario coloca un nombre de enlace en un formato incorrecto.

- El sistema informa, por medio de un mensaje de error, que el formato del nombre es incorrecto o que no se ha escrito nada. (Invalid carácter o please insert link).

E2: el usuario selecciona ningún archivo.

- El sistema no realiza nada y espera que el usuario seleccione un archivo.

E3: el usuario presiona el botón cancel.

- Se cierra la ventana de seleccionar archivo y el sistema no hace nada.

Figura. 3.14 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Ingresar Información Geográfica"

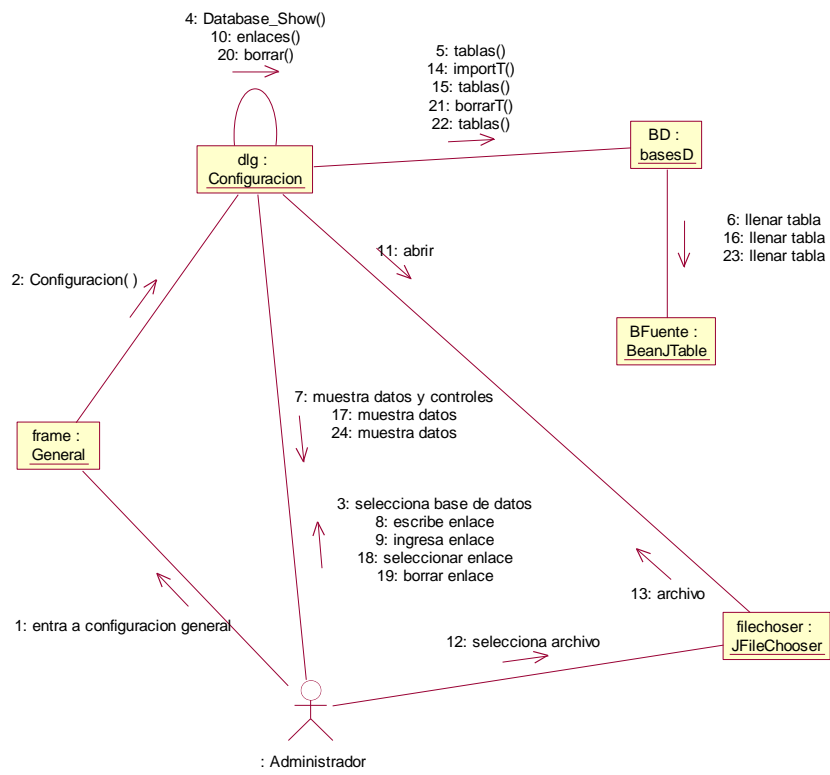
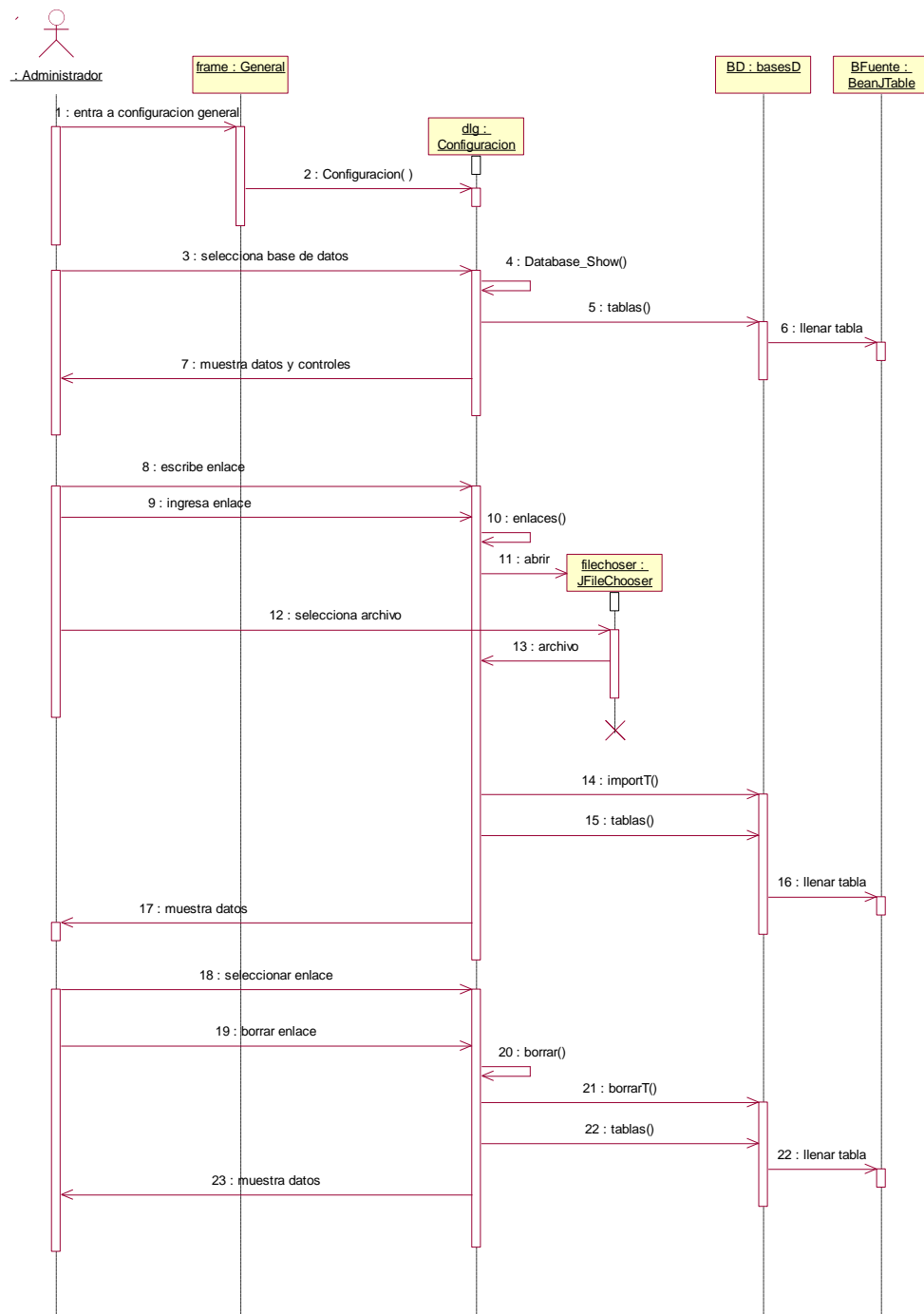


Figura. 3.15 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Ingresar información geográfica"



Caso de Uso: Configuración de OTDR`s

Actores: Administrador

Propósito: Permitir definir o modificar los diferentes elementos que serán asociados a cada uno de los OTDR`s.

Resumen: Este caso de uso es iniciado cuando el Administrador oprime el botón "OTDR Configuration" de la ventana principal e ingresa a la ventana correspondiente a dicha opción. Aquí, el tendrá posibilidad de conocer la información asignada a todos y cada uno de los OTDR`s. De esta forma, el Administrador conocerá el estado (Enable / Disable), la descripción (Información que aparecerá frente en la pantalla general), los enlaces asignados y el sentido de cada OTDR. De la misma forma, estará en capacidad de realizar los modificaciones que crea pertinente en dicha información.

Tipo: Esencial / Primario

Flujo Principal:

- El Administrador en la ventanal general oprime el botón "OTDR Configuration".
- El sistema despliega en pantalla la ventana "OTDR Configuration".
- El Administrador escoge el OTDR a configurar. (E1)
- El Administrador ingresa la descripción, escoge la dirección de los enlaces que van a ser asignados al OTDR seleccionado y oprime el botón " Enable / Disable " (S1, E2, E3, E3 ,E5)
- El Administrador escoge cada uno de los enlaces que monitoreará el OTDR y pulsará "Insert Link" para cada uno de ellos (E6, E7, E8, E9).
- El Sistema desplegará en tabla "Assigned Links", los enlaces que van siendo insertados o aquellos que han sido ingresados con anterioridad.
- Después de esto, para ingresar toda la información anterior, el Administrador pulsará "Update Info" (E10)
- El sistema indicará que toda la información necesaria en esta ventana ha sido actualizada a través de una etiqueta "Updating Info"

Subflujos:

S1: Cambiar solamente la Descripción o la Dirección de un OTDR

- El Administrador verifica el estado del OTDR
- Si esta "Enable", lo desactiva y procede a ingresar la descripción y a fijar la dirección del mismo. Después vuelve y lo activa.
- Si esta "Disable", fija la información y lo habilita
- Oprime "Update Info" para actualizar dicha información
- Cierra la ventana.

S2: Borrar Enlaces

- El Administrador seleccionar en la tabla " Assigned Links " el enlace que desea borrar
- Oprimir el botón "Delete Link" (E9)

Flujos de Excepción:

E1: El OTDR esta habilitado

- En este caso, El administrador deberá oprimir el botón " Enable / Disable " para que quede deshabilitado .
- El administrador ingresa la descripción
- El administrador vuelve a presionar " Enable / Disable ", con lo que el OTDR queda habilitado nuevamente

E2: El Administrador no selecciona un OTDR en particular

- El sistema escogerá por defecto el OTDR numero 1

E3: El Administrador ingresa una Descripción que contiene caracteres inválidos

- El sistema indicará el error con una etiqueta con el siguiente mensaje : "Invalid Carácter"

E3: El Administrador oprime el botón "Enable / Disable" y no ingresa la Descripción

- El sistema desplegará una etiqueta "It can´t be enable, without Description".
- El sistema deja el botón en su estado "Disable"

E5: El Administrador no escoge ningún sentido

- El Sistema seleccionará por defecto el sentido "From A to B"

E6: No hay enlaces por seleccionar

- En este caso, el Administrador deberá cerrar la ventana "OTDR Configuration" e ingresar la información geográfica antes de continuar con esta operación.

E7: No se selecciona ningún enlace

- Cuando se oprime el botón "Insert Link" y no hay ningún enlace seleccionado, el Sistema indicará el error por medio de un mensaje : " Please, First select a Link".

E8: Repetir asignación de enlace

- Si el mismo enlace es asignado en más de una ocasión en un determinado OTDR, el Sistema responderá a esta acción desplegando "Link Already Exist".

E9 : No se puede borrar enlace

- Esta situación se presenta cuando al querer borrar determinado enlace este no es seleccionado antes de oprimir el botón " Delete Link ". A lo cual el sistema responde enviando un mensaje : " There aren 't links selected "

E10 : Información Incompleta

- Al presionar el botón "Update Info", el sistema verificará si se ha ingresado toda la información que el necesita, sino es asi, desplegará mensajes indicando cual es la información faltante

Figura. 3.16 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Configuración de OTDR 's"

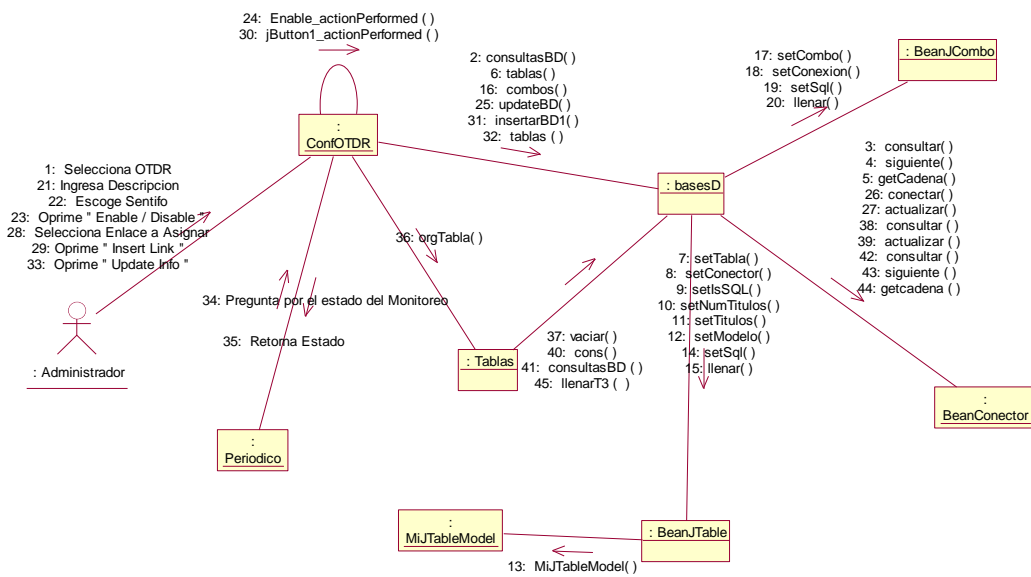


Figura. 3.17 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Configuración de OTDR´s"

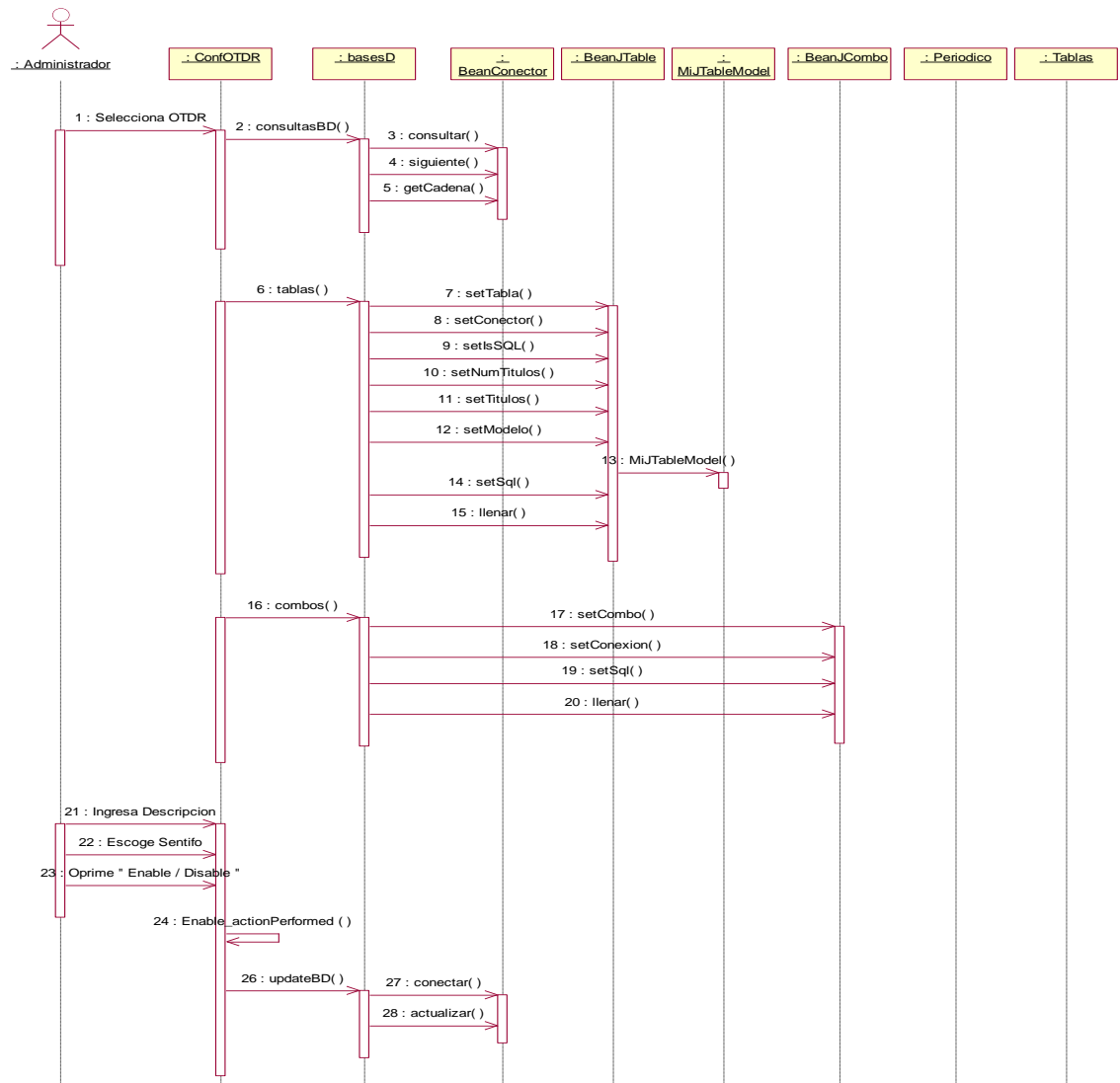
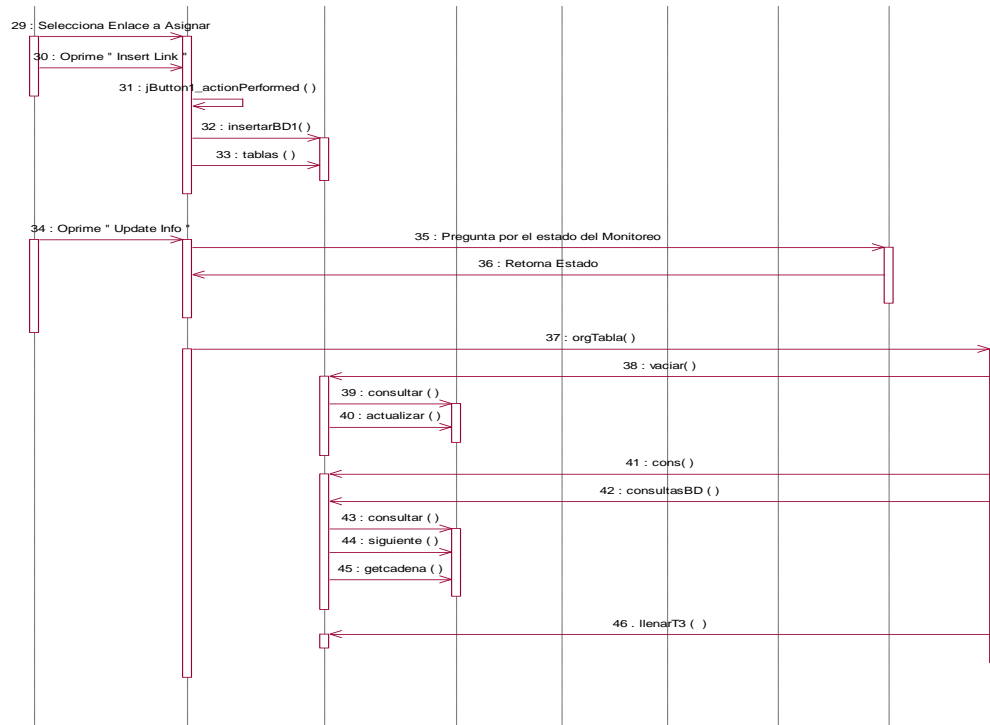


Figura. 3.18 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Configuración de OTDR´s" (Continuación)



Caso de Uso: Configuración de direcciones mail

Actores: Administrador

Propósito: Determinar las direcciones de email donde se enviaran los mensajes de alarmas.

Resumen: El administrador accede a la ventana de configuración de direcciones email, aquí se dispone una tabla donde se despliegan las direcciones que se han introducido con anterioridad. Existe otro campo donde se escribe la dirección y se acepta por medio de un botón, así mismo hay un botón para borrarlas.

Para configurar el servidor SMTP (Simple Mail Transfer Protocol – Protocolo Simple de Transferencia de Correo) que proveerá este servicio se dispone de un campo para introducir el nombre y un botón para aceptar el cambio.

Tipo: Esencial/secundario

Precondiciones:

- El usuario debe haber ingresado al sistema

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el administrador ingresa en la ventana de configuración y selecciona la pestaña de direcciones email (E-mail).
- Ésta ventana por medio de una tabla despliega las direcciones de correo que se han configurado anteriormente y aparece vacía en el caso de que no se haya configurado ninguna.
- El usuario puede introducir una dirección e-mail. Subflujo S1: introducir dirección.
- El usuario puede borrar una dirección e-mail. Subflujo S2: borrar dirección.
- El usuario puede introducir la dirección de servidor SMTP. Subflujo S3: introducir dirección SMTP.

Subflujos:

S1: introducir dirección.

- Ingresar una dirección en el campo especificado para esto y presionar el botón "Enter email". (E1)
- Inmediatamente el sistema ingresa ésta dirección a la base de datos y la despliega en la tabla de esta ventana.

S2: borrar dirección.

- El usuario selecciona una de las direcciones desplegadas en la tabla de esta ventana y presiona el botón "delete email".
- Inmediatamente el sistema borra ésta dirección de la base de datos y la remueve de la tabla.

S3: introducir dirección SMTP.

- El usuario ingresa el nombre de servidor SMTP en el campo especificado para esto, y a continuación presiona el botón "set SMTP server".
- Inmediatamente el sistema ingresa ésta dirección a la base de datos.

Flujos de excepción:

E1: el administrador ingresa una dirección e-mail con un formato incorrecto.

- el sistema despliega un mensaje de error informando que el formato de la e-mail es incorrecto. (Invalid email)

Figura. 3.19 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Configuración de Direcciones mail"

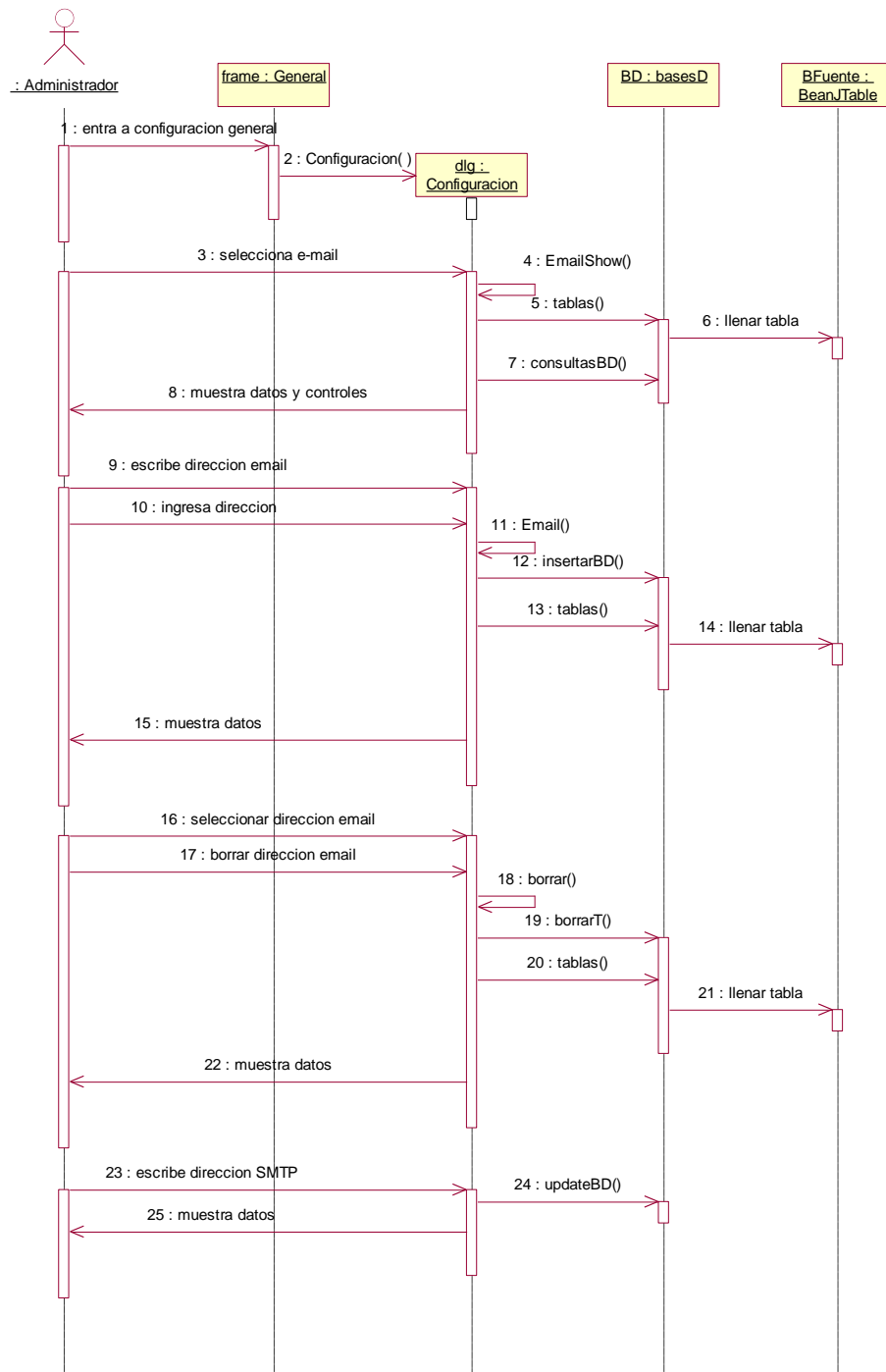
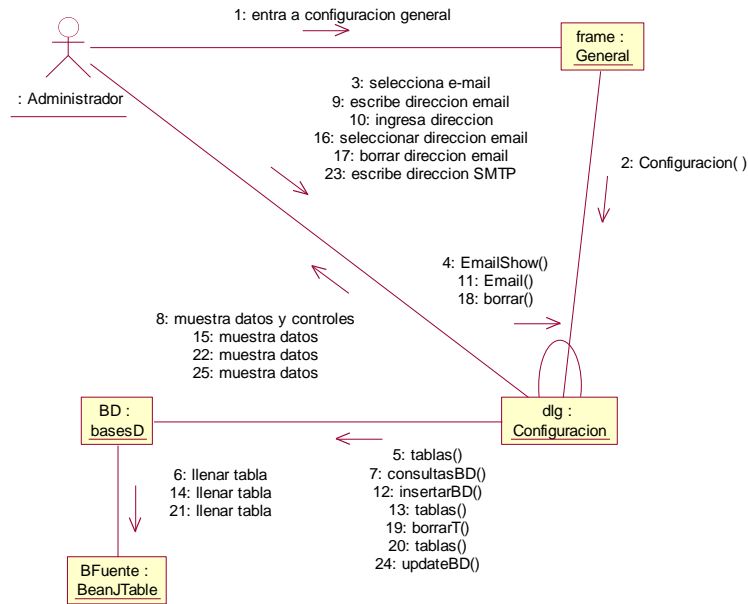


Figura. 3.20 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Configuración de Direcciones mail"



Caso de Uso: Configurar parámetros de medición

Actores: Administrador

Propósito: Determinar las constantes físicas con las que se procesan los datos medidos para convertirlos en datos reales.

Resumen: el administrador accede a la ventana de configuración de parámetros donde existen dos campos para modificar el IOR y el factor helicoidal de la fibra y que el sistema utilizará para realizar sus cálculos. Por medio de un botón se acepta la información para almacenarla automáticamente en la base de datos.

Tipo: Esencial/secundario

Precondiciones:

- El usuario debe haber ingresado al sistema

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el administrador ingresa en la ventana de configuración y selecciona la pestaña de parámetros de medición (Measure).
- Esta ventana despliega dos campos donde muestra el coeficiente IOR y el factor helicoidal.
- El administrador estará en capacidad de variar estos coeficientes dentro de unos rangos previamente establecidos y aceptar los cambios por medio del botón "OK". (E1)

Flujos de excepción:

E1: el administrador ingresa un valor de coeficiente fuera del rango permitido.

- El sistema despliega mensaje de error diciendo que el coeficiente ésta fuera del rango permitido. (Invalid IOR value o Invalid Helicoidal factor value)

Figura. 3.21 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Configurar Parámetros de Medición"

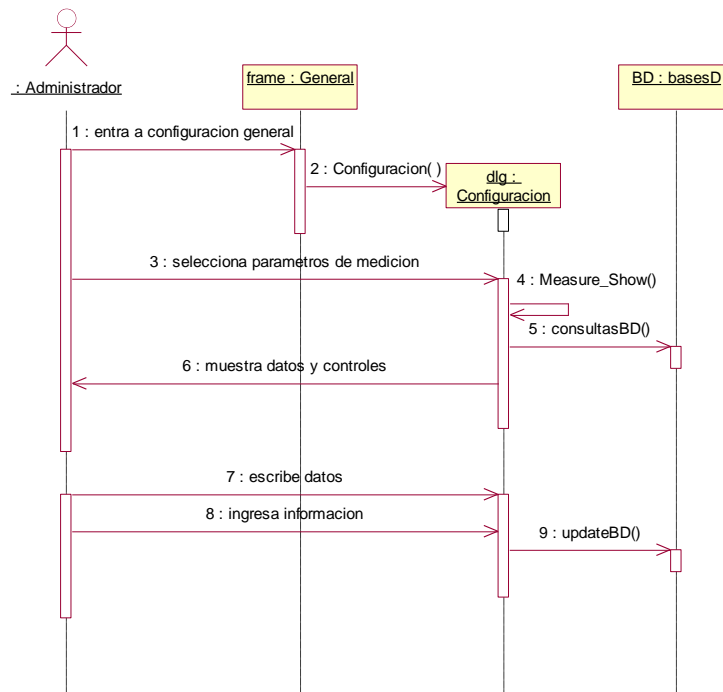
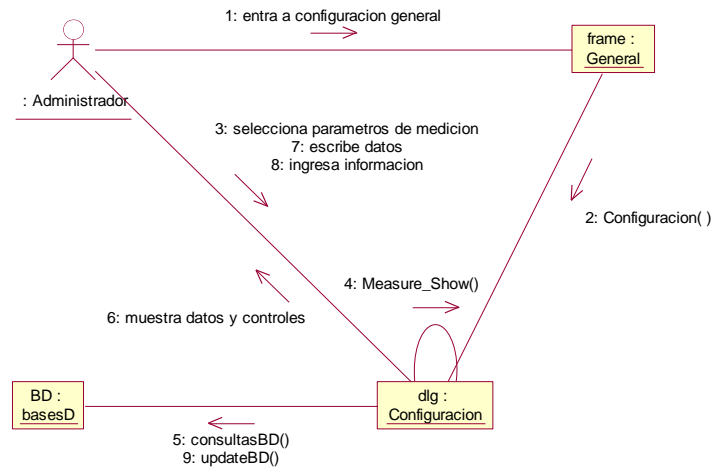


Figura. 3.22 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Configurar Parámetros de Medición"



Caso de Uso: Configurar contraseñas

Actores: Administrador

Propósito: Modificar las contraseñas de los usuarios del sistema

Resumen: el administrador accede a la ventana de configuración de contraseñas donde se dispone de dos campos para modificar la contraseña del administrador y de dos campos para modificar la contraseña del invitado. Por medio de un botón se almacena esta información en la base de datos.

Tipo: Esencial/secundario

Precondiciones:

- El usuario debe haber ingresado al sistema

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el administrador ingresa en la ventana de configuración y selecciona la pestaña de contraseñas (Password).
- En la ventana se dispone de cuatro campos para realizar el cambio de la contraseña de administrador e invitado.
- El administrador introduce dos veces la contraseña que quiere cambiar y presiona el botón "OK". (E1)

Flujos de excepción:

E1: el administrador introduce una contraseña de menos de ocho caracteres o de contraseñas diferentes en los dos campos.

- El sistema despliega un mensaje de error indicando que no se cambió la contraseña.

Figura. 3.23 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Configurar Contraseñas"

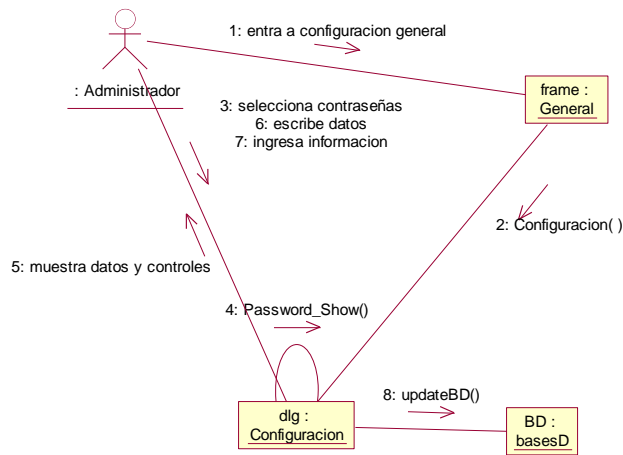
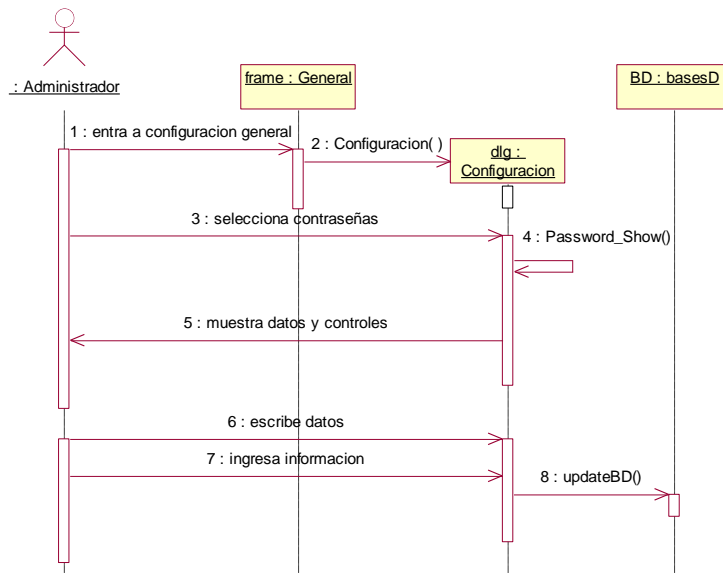


Figura. 3.24 Diagrama de secuencia Caso de Uso "Configurar Contraseñas"



Caso de Uso: Cerrar aplicación

Actores: Administrador

Propósito: Cerrar los diferentes procesos en ejecución.

Resumen: el administrador esta en la capacidad de cerrar completamente la herramienta OFNMS, cuando se necesita hacer alguna actualización, cuando la aplicación presente algún problema o simplemente cuando lo considere conveniente.

Tipo: Esencial/secundario

Precondiciones:

- El usuario debe haber ingresado al sistema
- El sistema tiene que estar desactivado (no debe ejecutar ningún monitoreo)

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el administrador ingresa en la ventana de configuración general.
- observa si el sistema esta detenido, de lo contrario debe proceder a detenerlo y a esperar el mensaje "sampling has been stopped".
- presiona el botón "Close Application" el cual informa al sistema que debe detener cualquier proceso y cerrarse. (E1)

Flujos de excepción:

E1: si no se ha detenido completamente el sistema

- el sistema automáticamente desplegará un mensaje informando al usuario que no ha detenido el sistema.

Figura. 3.26 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Cerrar Aplicación"

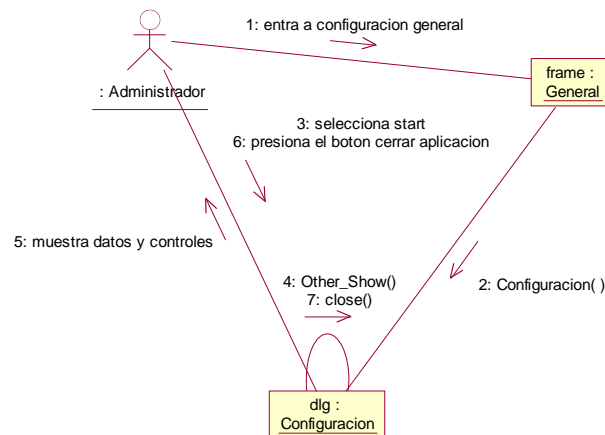
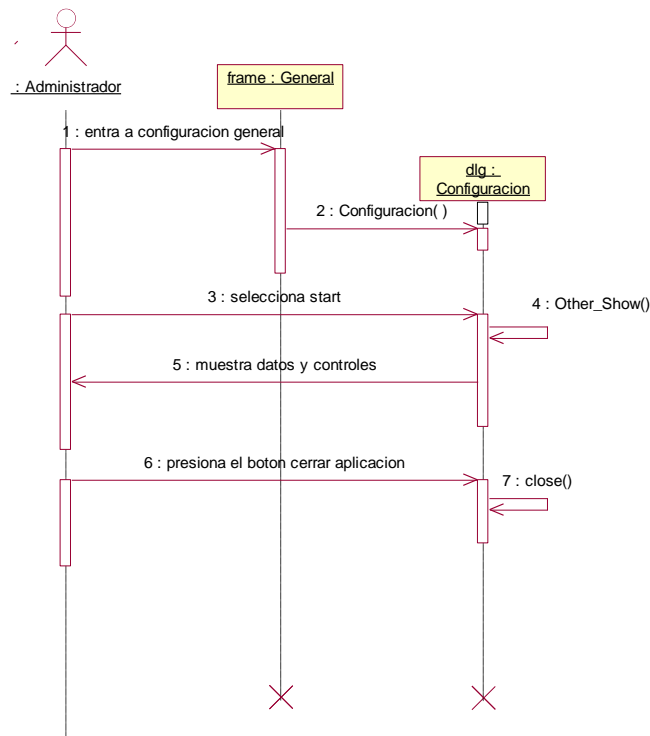


Figura. 3.27 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Cerrar Aplicación"



Caso de Uso: Desactivar el sistema

Actores: Administrador

Propósito: Deshabilitar el monitoreo automático y periódico de los OTDRs.

Resumen: el administrador esta en la capacidad de ordenar al sistema que detenga el monitoreo periódico de los OTDR, el análisis de información de los OTDR, y la generación de registros.

Tipo: Esencial/secundario

Precondiciones:

- El usuario debe haber ingresado al sistema
- El sistema tiene que estar activo

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el administrador ingresa en la ventana de configuración general.

- Aquí se presiona el botón "Stop Sampling" el cual informa al sistema que detenga el monitoreo y la creación de registros.
- El sistema se detiene cuando haya realizado el monitoreo secuencial de los OTDRs.

Figura. 3.28 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Desactivar el Sistema"

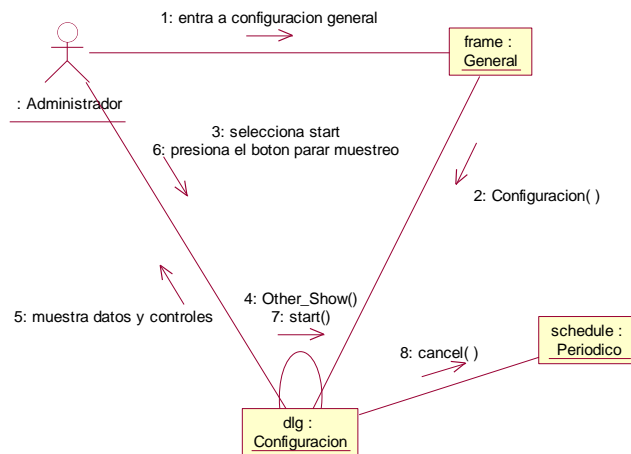
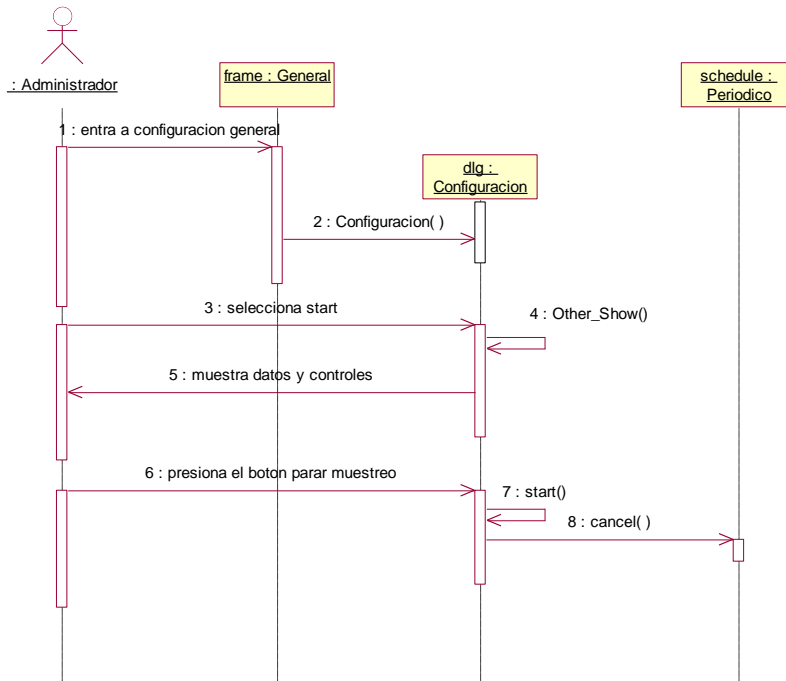


Figura. 3.29 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Desactivar el Sistema"



Caso de Uso: Activar Sistema

Actores: Administrador

Propósito: Iniciar el proceso de monitoreo automático y periódico de los OTDRs

Resumen: Después de que el administrador haya realizado la configuración necesaria para realizar correctamente el monitoreo, podrá inicializar el proceso de monitoreo periódico, análisis de datos y creación de registros en cada uno de los OTDRs que hayan sido activados.

Tipo: Esencial/primario

Precondiciones:

- Debe estar configurada la información geográfica de los OTDRs a monitorear.
- Se debe haber ingresado al menos una dirección e-mail.
- Debe estar activo algún OTDR.

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el administrador ingresa en la ventana de configuración general.
- En ésta ventana presiona el botón "Start sampling".(E1)
- el sistema inicia automáticamente el proceso periódico de monitoreo y análisis de los datos y la creación de registros.

Flujos de excepción:

E1: el administrador no ha configurado correctamente todos los datos requeridos para realizar el monitoreo.

- El sistema despliega un mensaje informativo, acerca de los datos que no se han configurado correctamente.

Figura. 3.30 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Activar Sistema"

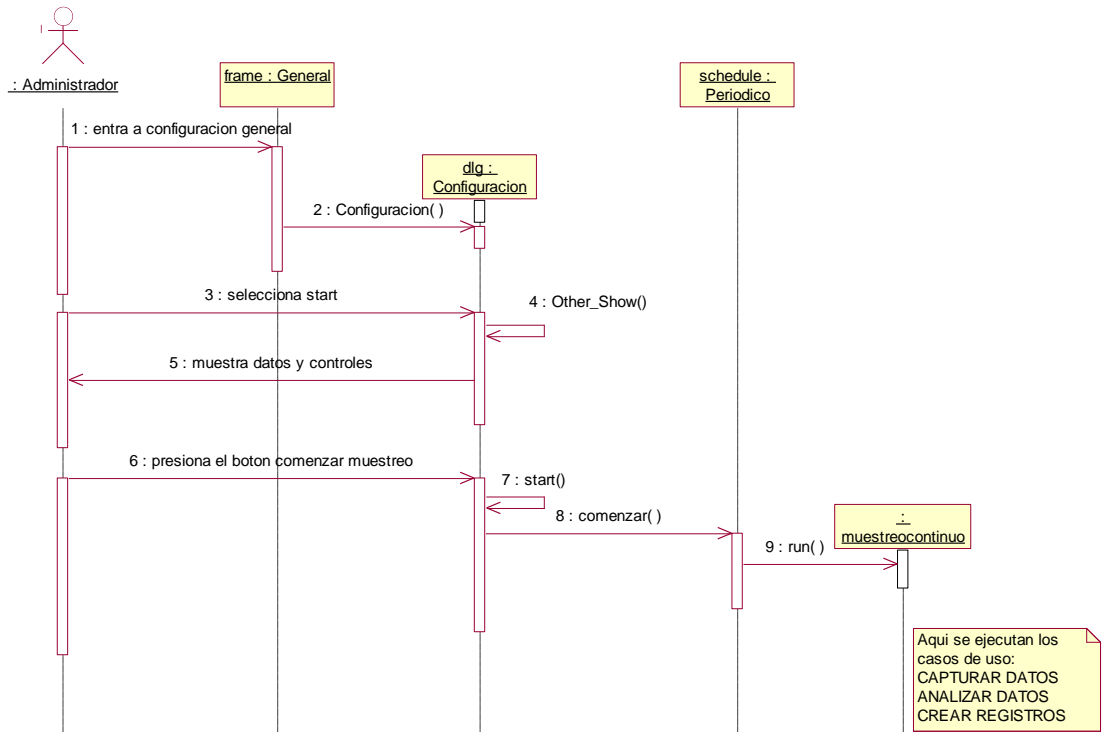
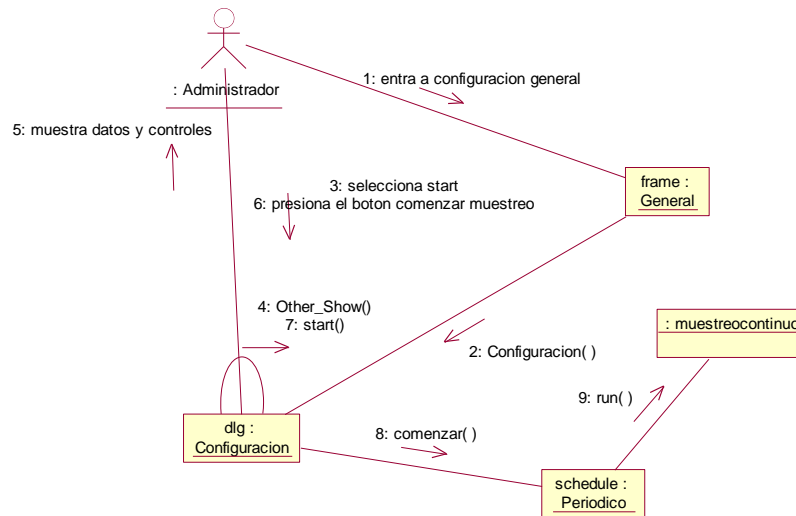


Figura. 3.31 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Activar Sistema"



Caso de Uso: Capturar Datos

Actores: Sistema OTDR, Activar Sistema

Propósito: Almacenar localmente los datos obtenidos en el análisis del OTDR sobre la fibra.

Resumen: El sistema detecta los OTDR que están activos y establece comunicación con ellos por medio de comandos transmitidos por el puerto serial.

En este proceso se configura cada OTDR, se inicializa un barrido y cuando termina se solicita uno a uno todos los datos obtenidos para almacenarlos en la base datos del sistema

Tipo: Esencial/primario

Precondiciones:

- El sistema debe estar activo
- El OTDR debe estar activo y correctamente configurado.

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el sistema consulta a los OTDRs que están activos y establece secuencialmente una comunicación con cada uno de ellos. (E1)
- Ya establecida la comunicación el sistema configura el OTDR para hacer un monitoreo específico (lejano o cercano) de la fibra óptica.
- El sistema solicita secuencialmente a los datos al OTDR. (E2).
- Por último ésta información es almacenada en tablas temporales en la base datos, para su posterior análisis.

Flujos de excepción:

E1: el OTDR no responde porque está desconectado o el medio de transmisión tiene problemas.

- El sistema reporta la anomalía en la pantalla general y continua con la captura de información del siguiente OTDR.
- Se identifica la anomalía pintando de color blanco el botón correspondiente al OTDR en la ventana general.

E2: el OTDR pierde comunicación con el sistema por problemas del medio de transmisión.

- El sistema reporta la anomalía en la pantalla general y continua con la captura de información del siguiente OTDR.

- Se identifica la anomalía pintando de color blanco el botón correspondiente al OTDR en la ventana general.

Figura. 3.32 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Capturar Datos"

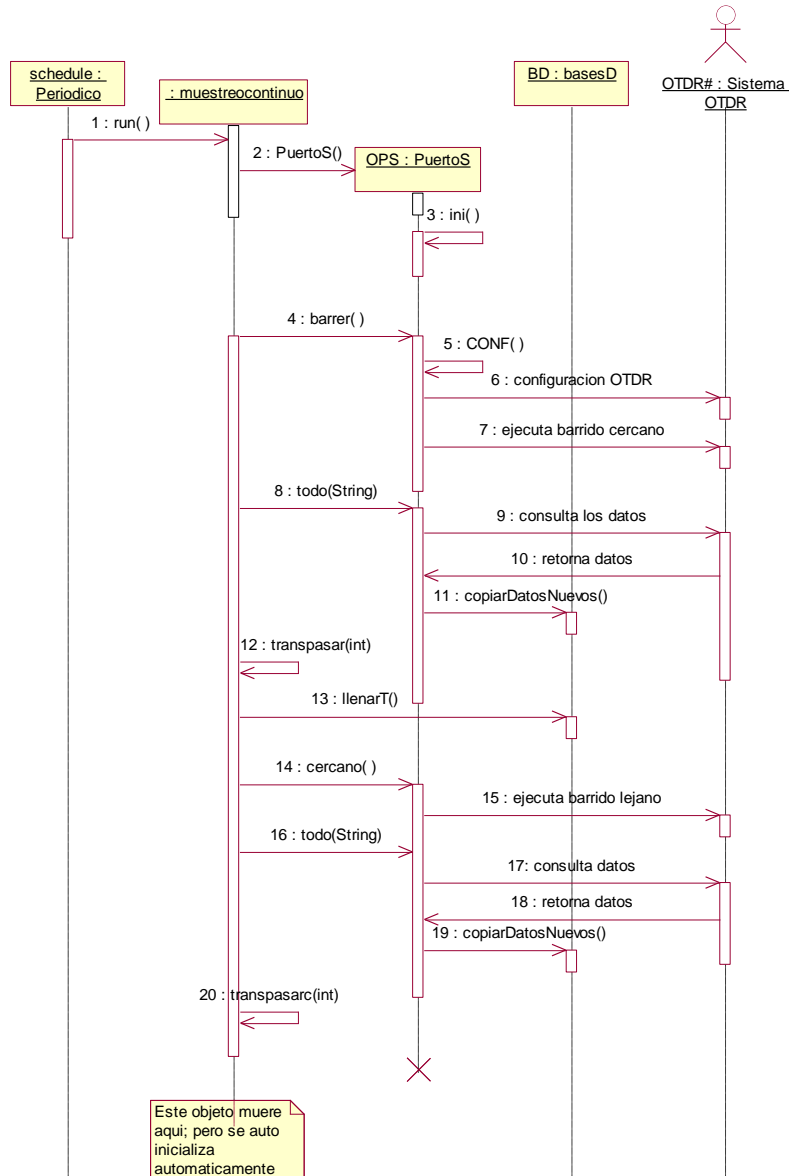
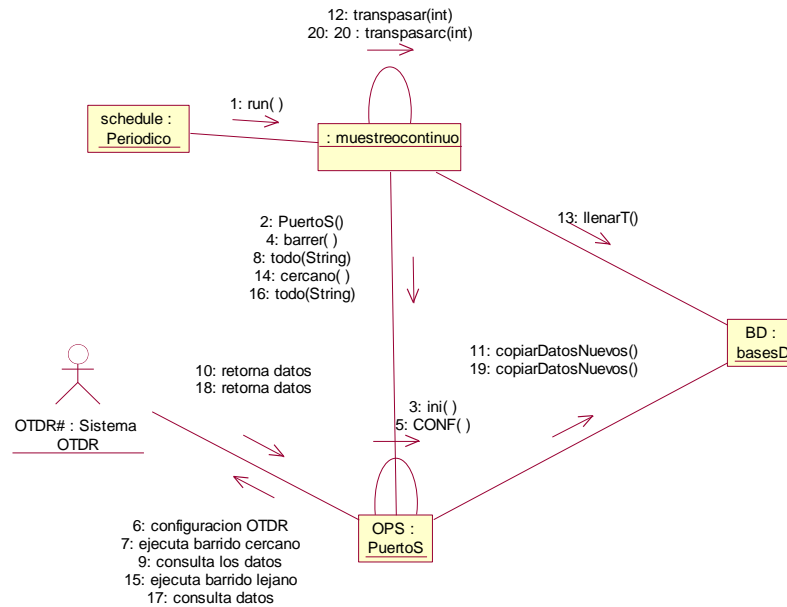


Figura. 3.33 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Capturar Datos"



Caso de Uso: Crear Registros

Actores: Activar Sistema

Propósito: Guardar información mensualmente del monitoreo de OTDR, para su posterior análisis.

Resumen: El sistema almacena mensualmente la información temporal del OTDR obtenida en el monitoreo periódico.

Esta información será guardada en un espacio de almacenamiento permanente como un registro, diferenciados por el número de OTDR y la fecha en que fueron tomados.

Tipo: Esencial/secundario

Precondiciones:

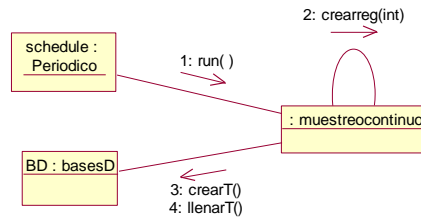
- El sistema debe estar activo
- Debe haber información capturada temporalmente del OTDR.

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el sistema mensualmente consulta los OTDRs que están activos.

- Toma la información monitoreada temporalmente por el OTDR y la almacena permanentemente en una tabla identificada por el número de OTDR y la fecha en que fue tomada.

Figura. 3.34 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Crear Registros"



Caso de Uso: Analizar Datos

Actores: Activar Sistema

Propósito: Detectar fallas en la fibra

Resumen: Después de haber capturado los datos del OTDR se realiza el análisis de los datos. Se toman los datos uno a uno, se compara su magnitud con límites preestablecidos y se determina su estado.

En caso de detectar alguna anomalía se almacena su estado en la base de datos y se ejecuta el caso de uso generar alarmas.

Tipo: Esencial/primario

Precondiciones:

- El sistema debe estar activo
- Debe haber información capturada temporalmente del OTDR.

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el sistema consulta los OTDRs que están activos.
- Luego toma la información almacenada temporalmente en la base datos, específicamente la tabla de eventos y por medio de algunos algoritmos de comparación establece el estado de cada uno de los eventos.
- Esta información se adiciona a la tabla eventos en la base datos del sistema para definir su estado.
- En caso de que haya algún evento con estado anormal se ejecuta el caso de uso de generar alarmas.

Figura. 3.35 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Analizar Datos"

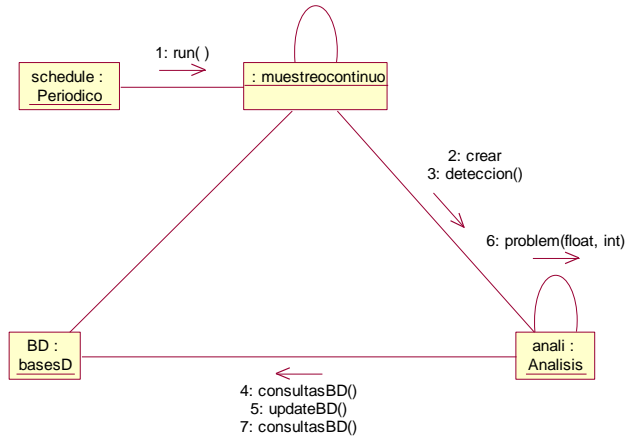
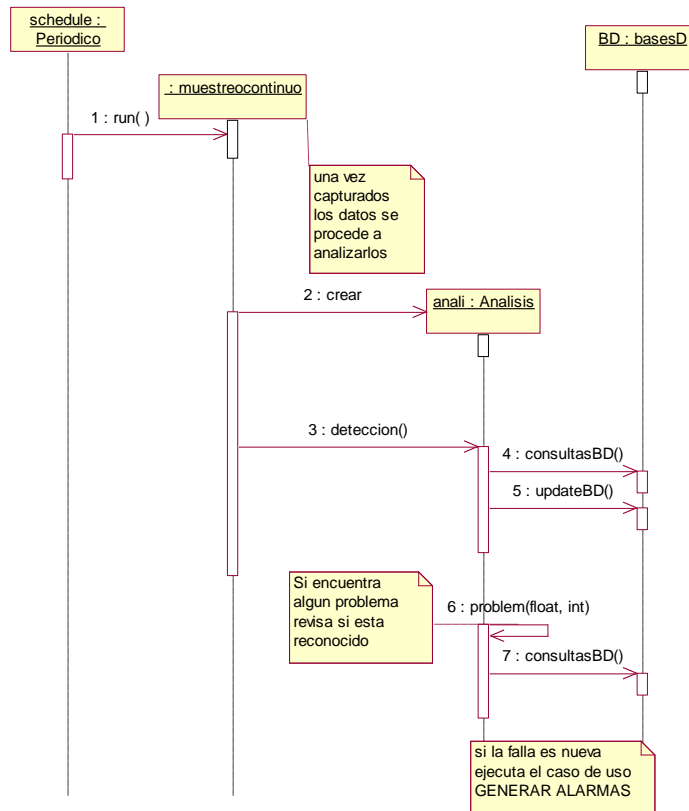


Figura. 3.36 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Analizar Datos"



Caso de Uso: Generar alarmas

Actores: Analizar Datos

Propósito: Desplegar mecanismos de alerta para informar de alguna anomalía en la fibra.

Resumen: Luego de analizar la información el sistema determina la gravedad de la anomalía. Y dependiendo del tipo de falla detectado se lanza una serie de alarmas, como un sonido característico, información de la ubicación geográfica de la falla, el envío de Correos e-mail y se registra la alarma en la base datos

Tipo: Esencial/primario

Precondiciones:

- El sistema debe estar activo
- Debe haber información capturada temporalmente del OTDR.

Flujo Principal:

- Este caso de uso comienza cuando el sistema detecta alguna anomalía en la información obtenida de los OTDRs.
- Se muestra la ubicación geográfica de la falla en el campo de información de fallas.
- La alarma puede ser de aviso. Subflujo S1: alarma aviso (warning).
- La alarma puede ser crítica. Subflujo S2: alarma critica (critical).

Subflujos:

S1: alarma de aviso (warning)

- Se identifica el evento por medio de color amarillo en la curva característica y en el botón respectivo de la pantalla general.

S2: alarma critica (critical)

- Se identifica el evento por medio de color rojo en la curva característica y en el botón respectivo de la pantalla general.
- Se emite un sonido característico para informar la falla.
- Se registra la falla en la base datos del sistema.
- Se envía un e-mail con información de la ubicación geográfica de la falla.
- Despliega la información de la alarma en la ventana del OTDR respectivo.

Figura. 3.37 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Generar Alarmas"

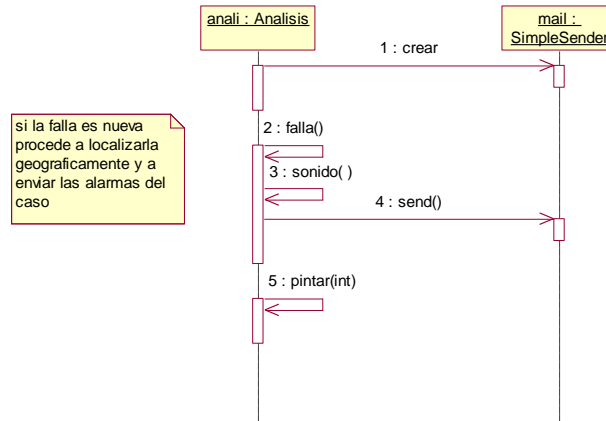
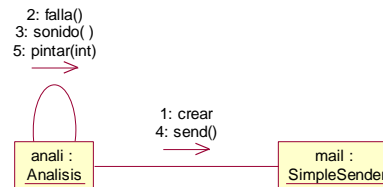


Figura. 3.38 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Generar Alarmas"



Caso de Uso : Crear Backup y Restores

Actores : Administrador

Propósito : Proveer robustez y seguridad al sistema

Resumen : Este caso de uso se inicia cuando el administrador desea realizar una copia de la información existente en la base de datos (Backup) o cuando desee cargar en la aplicación información almacenada con anterioridad (Restore). Así, el buscará en el menú "Database" la opción respectiva y ejecutará dichas acciones. El nombre del archivo a almacenar o cargar será determinado por defecto por el sistema. No obstante, el administrador podrá modificar el mismo y colocar el nombre que el desee.

Tipo : Esencial / Secundario

Flujo Principal :

- El Administrador ingresa a la ventana " General Configuration " y más específicamente en la pestaña " Database ", donde oprime el botón " Backup ".

- El sistema responde desplegando una ventana en la cual puede determinar el sitio en el cual quiere almacenar el Backup.
- El administrador especifica la ubicación y si así lo desea modifica el nombre del archivo y oprime "Save" (S1)
- El sistema lanza un mensaje "Backup Done" para indicar que el proceso ha sido realizado con éxito (E1).

Subflujos:

S1 : El Administrador oprime " Cancel "

- El Sistema cierra la ventana y regresa a la pestaña "Database "

Flujo de Excepciones :

E1 : El Sistema no se ha detenido

- El Sistema debe haber finalizado el proceso de monitoreo para poder realizar esta operación, en caso contrario el Sistema indicará " First, Stop Sampling " para avisarle al Administrador que debe parar dicho proceso.

Nota : El proceso para ejecutar el "Restore" es idéntico al realizado para el Backup, razón por la cual se omite su descripción.

Figura. 3.39 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Crear Backup"

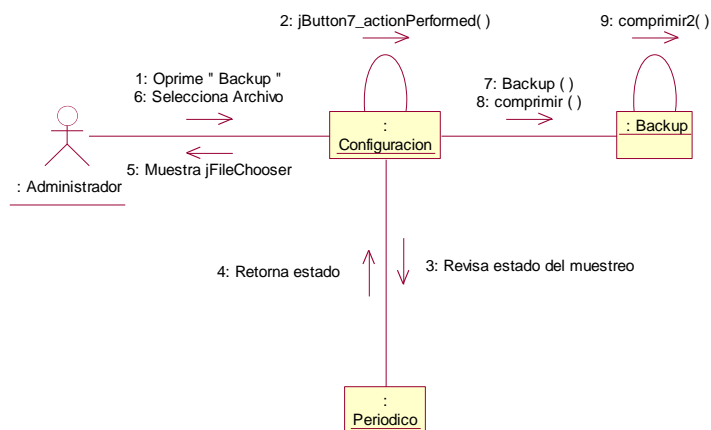


Figura. 3.40 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Crear Backup"

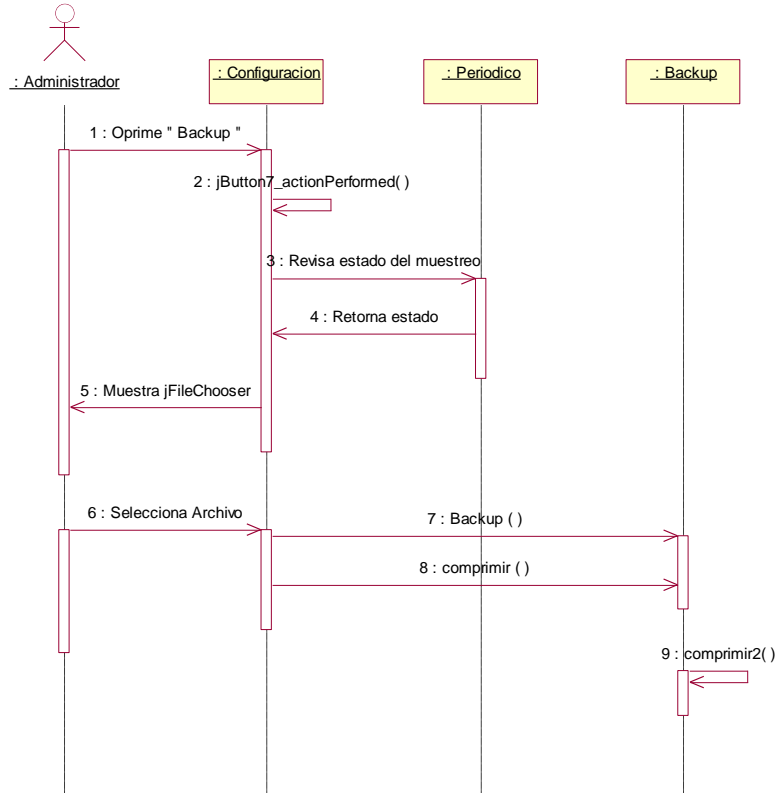


Figura. 3.41 Diagrama de Colaboración Caso de Uso "Crear Restore"

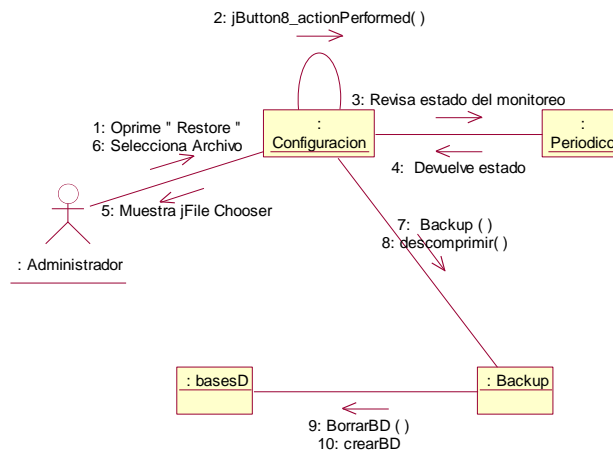
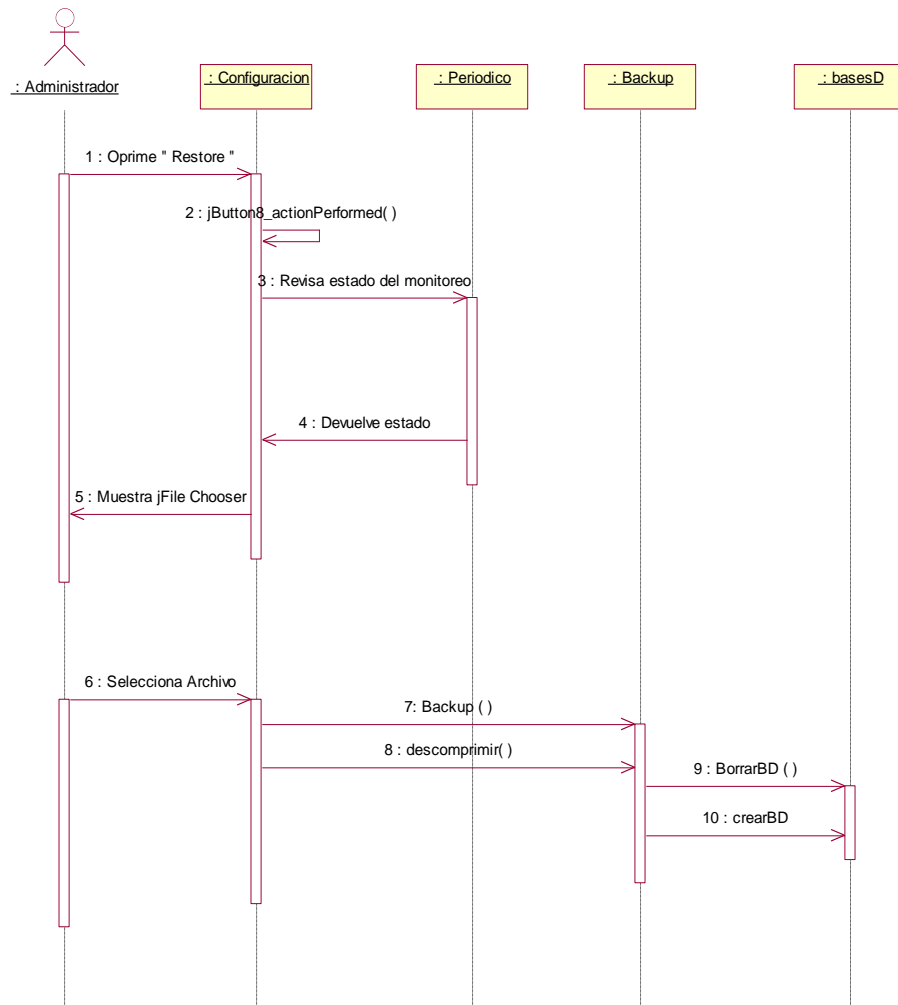


Figura. 3.42 Diagrama de Secuencia Caso de Uso "Crear Restore"



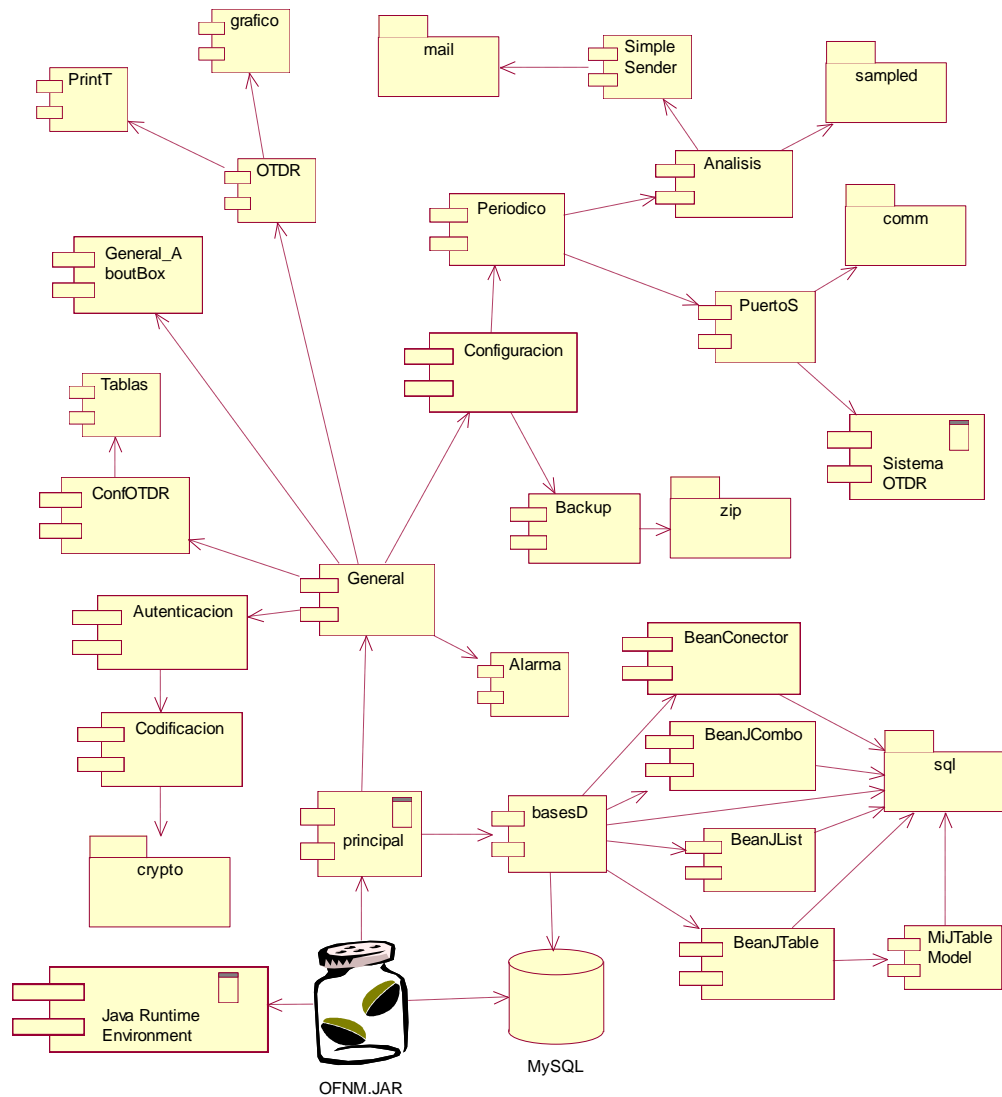
3.5 DIAGRAMA DE CLASES

Una vez realizada la descripción detallada de las diferentes funcionalidades de la herramienta, se procede a especificar la estructura de la aplicación. Una clase es una descripción de un conjunto de objetos que comparten los mismos atributos, operaciones, relaciones y semánticas, los cuales al interactuar entre ellos y los diferentes usuarios proveen toda la información y servicios necesarios dentro de la aplicación. Como resultado de todo esto, se presenta en el figura 3.43 el diagrama de clases de la aplicación, diagrama que representa la estructura estática del modelado, lo cual ayuda a determinar los diferentes componentes a implementar.

3.6 DIAGRAMAS DE COMPONENTES Y DESPLIEGUE

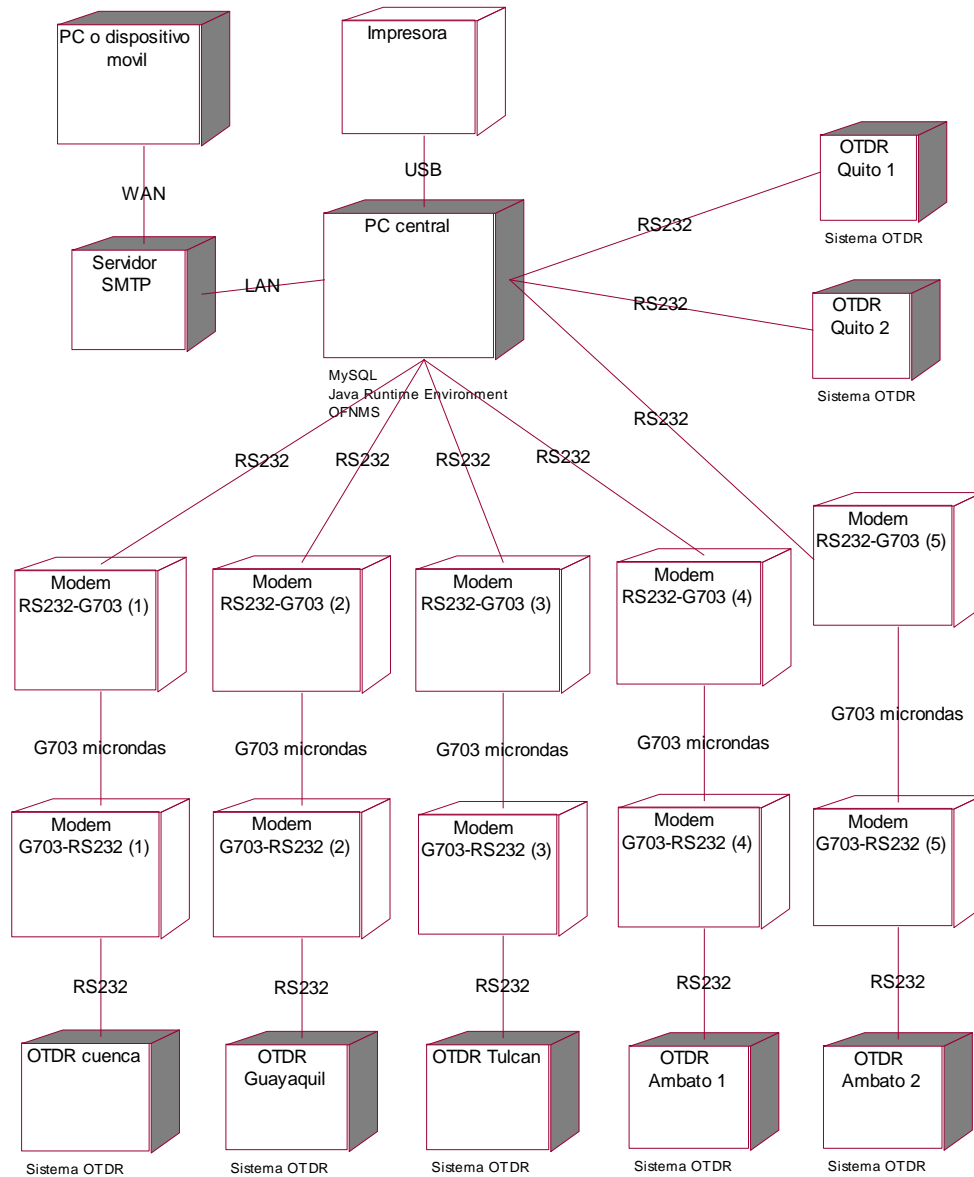
En la Figura. 3.44 se muestra el diagrama de componentes de la aplicación. En el cual se muestra las organizaciones y dependencias lógicas entre componentes software. Para establecer estas relaciones se tienen en consideración los requisitos relacionados con la facilidad de desarrollo, la gestión del software, la reutilización, y las restricciones impuestas por los lenguajes de programación y las herramientas utilizadas en el desarrollo. Los elementos de modelado dentro del diagrama son componentes y paquetes.

Figura. 3.44 Diagrama de Componentes



De otro lado, en la Figura 3.45 aparece el diagrama de despliegue, donde se aprecian los dispositivos conectados física y lógicamente entre sí para definir la topología hardware de la aplicación.

Figura. 3.45 Diagrama de Despliegue



4. IMPLEMENTACIÓN OFNMS (OPTICAL FIBER NETWORK MANAGEMENT SYSTEM)

4.1 INTRODUCCION

El objetivo de la implementación es obtener el código de de la aplicación, realizando la traslación de los diagramas de diseño y especificaciones a la sintaxis del lenguaje de programación escogido. Además, involucra los procesos de desarrollo prácticos, la compilación, enlace y depuración.

En ese orden ideas, en este capítulo se realiza una descripción de la arquitectura de la aplicación desde el punto de vista de la implementación. Se describe cómo se implementarán cada una de las clases, qué plataformas y herramientas de programación van a utilizarse y se define cómo se implementarán las interfaces de los objetos. De la misma forma, se muestran las diferentes pruebas realizadas para la revisión y validación de los procesos y escenarios de la aplicación.

4.2 RECURSOS Y HERRAMIENTAS SOFTWARE

Dentro de todos los procesos que demanda la realización de esta herramienta, se necesita la disponibilidad de diferentes herramientas y recursos software para llevar a feliz término este proyecto.

Entre los recursos básicos está el sistema operativo donde se ejecutan todas las herramientas, entornos de programación y ejecución; por este motivo se selecciona el sistema operativo Microsoft Windows 2000 por ser un sistema que permite la ejecución de todo el software necesario. Otra herramienta importante es el paquete Microsoft Office 2000 que posee un completo portafolio de aplicaciones de oficina, como Word para la edición de la documentación, Excel para la manipulación de las tablas de información geográfica, PowerPoint para la realización de las presentaciones, etc; todos estos elementos importantes para del manejo de la información dentro de este proyecto.

Por otro lado se necesita también, herramientas especializadas para el diseño e implementación del sistema, con altos requerimientos hardware para su ejecución, por este motivo se utilizan dos equipos Pentium 3 a 1GHz, con 256 MB de RAM y un disco duro de no menos de 10 GB. Parte de este grupo es la herramienta Rational Rose, que facilita el proceso de diseño, análisis e implementación del software por medio del lenguaje UML. Otras herramientas necesarias son el entorno de programación, la base de datos y algunas otras que serán descritas a continuación.

Teniendo en cuenta la metodología de orientación a objetos que se trabajó, el lenguaje de programación seleccionado para el desarrollo de la aplicación será JAVA, ya que satisface todos los requerimientos de modularidad y reutilización descritos en el modelado UML. Este lenguaje provee todas las características de la filosofía de orientación a objetos, los medios para implementar todos los requerimientos de la aplicación, como también la migración robusta de cualquier tipo de aplicación a un entorno WEB. Esta última característica teniendo en cuenta la futura implementación de acceso WEB a la aplicación.

JAVA es una plataforma software que permite la ejecución de código sobre diferentes sistemas operativos, esta portabilidad de código es facilitada por la máquina virtual JVM (Java Virtual Machine) que se encarga de interpretar el código y traducirlo al lenguaje de máquina del sistema donde se ejecute. Dentro de este ambiente de programación se encuentra la interfaz de programación Java API (Java Application Programming Interface) que es probada y mejorada constantemente. El Java API está compuesto por una gran colección de componentes software que proveen una amplia gama de funcionalidades, estos componentes se agrupan en paquetes con funcionalidades similares.

La interfaz de programación básica solo posee los paquetes que han sido debidamente depurados y probados; pero también existen paquetes que hacen parte de la API extendida que dan funcionalidades adicionales incrementando el poder de la plataforma. Estos paquetes agilizan el proceso de desarrollo de las aplicaciones y aumentan su calidad, ya que proveen un conjunto de clases fáciles de implementar que realizan eficientemente procesos complejos de programar. Dentro de la interfaz de programación básica encontramos el manejo de la interfaz gráfica, bases de datos relacionales, aplicaciones WEB, etc. Por otro lado están los paquetes que no se incluyen dentro de la interfaz de programación básica, porque aun se encuentran en etapa de depuración o pertenecen alguna compañía que cobra por su utilización, por este motivo hacen parte de la API extendida y esperan ser incorporados a la plataforma estándar. Algunas de las funcionalidades que provee esta última es el manejo de dibujos tridimensionales, de archivos en formato multimedia, de correo electrónico, de sistemas de información geográfica, de los puertos de comunicación del computador, etc.

El desarrollo de este proyecto se realizará sobre plataforma Java 2 SDK 1.4.1 y para agilizar este proceso se usará el entorno de programación gráfico de Borland JBuilder 8 Enterprise, el cual provee un entorno gráfico intuitivo con todas las herramientas necesarias para la realización de la interfaz gráfica, la creación de clases, la depuración y la corrección de errores, entre otros. La plataforma Java 1.4.1 incluye casi todos los paquetes necesarios para el desarrollo de la herramienta software de gestión; pero para satisfacer completamente los requerimientos demandados se utilizan algunos paquetes de la interfaz de programación Java extendida, los cuales serán incorporados a la plataforma como librerías.

Para establecer la comunicación con el OTDR por medio del puerto serial del computador se necesita el API de comunicaciones de Java (Java Communications API),

el cual provee todas las clases e interfaces necesarias para realizar el intercambio de datos en formato ASCII a través del puerto serial.

Otra característica importante que necesita el uso de extensiones del API es el envío de mensajes e-mail, que se implementa por medio del paquete extendido JavaMail API 1.3. Este paquete provee las clases y componentes necesarios para enviar y recibir correos electrónicos.

Otro programa que es parte integral dentro del desarrollo de este sistema es la base de datos, por la necesidad de almacenamiento de grandes cantidades de información manejadas por la aplicación, como la capturada en el monitoreo de los OTDR y la información geográfica de los enlaces monitoreados. Para este fin se utiliza el servidor de base de datos MySQL 4.0.13, de código abierto y basado en el lenguaje SQL (Structured Query Language) todo un estándar hoy en día, que posee todos los medios necesarios para manipular eficientemente cualquier dato. Esta base de datos provee un sistema de autenticación multiusuario que protege eficientemente la integridad de los datos, y su estructura abierta permite un alto grado de escalabilidad para soportar futuras actualizaciones del software.

Para realizar la comunicación entre la plataforma Java y la base de datos MySQL se necesita de otro componente externo a la interfaz de programación, un driver (controlador software) llamado MySQL Connector/J 3.0.7, que permite la intercomunicación del modulo JDBC y la base de datos.

Por último para realizar algunas configuraciones en la base de datos y pruebas del software, se necesita el uso del MySQL-Front 2.5 que por medio de un entorno gráfico fácil de usar permite manipular adecuadamente la base de datos MySQL.

4.3 ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN SOFTWARE

Luego de establecer adecuadamente los diferentes procesos que debe realizar el sistema por medio del modelado UML, se procede a realizar un análisis detallado de las diferentes funciones asignadas a cada clase. Luego de este proceso se decide la diferenciación de las clases que componen la estructura de la aplicación, separándolas en 3 niveles, teniendo en cuenta la funcionalidad que presta cada una dentro del sistema. De esta forma se describe la implementación de cada nivel y sus respectivas clases.

4.3.1 Base de datos

Este nivel esta compuesto por las clases que participan en el almacenamiento de los datos. Cumplen diferentes tareas, como dar formato a la información, interactuar con componentes de la interfaz gráfica, establecer la comunicación directa con la base de

datos, etc. Para establecer la comunicación con la base de datos MySQL todas las clases deben importar el paquete JDBC API, por medio de la sentencia:

```
import java.sql.*;
```

La descripción de la función de cada una de las clases se muestra a continuación.

- **basesD.java:** esta clase es el eje central de todas operaciones sobre la base de datos, ya que provee todas las operaciones para que los demás niveles interactúen con la base de datos, es decir es una clase que instanciarán las demás clases de la aplicación. Contendrá una gran cantidad de métodos, para realizar diferentes funciones sobre la base de datos, como establecer la estructura inicial de esta, consultar información, guardar información, transcribir los datos de una tabla a otra, borrar datos o tablas, exportar e importar tablas en archivos de texto, desplegar datos en objetos de la interfaz gráfica, entre otras. Para realizar la gran mayoría de las anteriores operaciones, es necesario que esta clase implemente las otras clases que hacen parte de este nivel, principalmente la clase BeanConector.java.
- **BeanConector.java:** esta clase es la base que soporta todas las operaciones sobre la base de datos, porque es la clase que establece realmente la conexión con ella. Carga el driver y establece la conexión por medio de un login y contraseña, una dirección IP y un puerto específico. Contiene también un pequeño conjunto de operaciones básicas que se utilizan para construir operaciones mas complejas. Entre estas operaciones esta el tratamiento de los datos de forma individual, como copiar, leer y borrar campos y las operaciones para conectar y desconectar de la base de datos.
- **BeanJCombo.java:** La implementación de esta clase busca establecer un proceso sencillo y modularizado, por medio del cual trasladar la información almacenada en una columna de la base de datos a un componente gráfico llamado JComboBox, como también el proceso contrario. Este componente despliega la información en una lista plegable y permite la selección de un dato dentro de la lista; hace parte del paquete Swing API. Los métodos que implementa esta clase permitirán llenar, actualizar y vaciar la lista.
- **BeanJList.java:** al igual que la clase anterior establece un proceso eficiente y estándar para intercambiar datos entre el componente gráfico JList y una columna de la base de datos. Este componente es un cuadrado con tamaño fijo donde se dispone la información y permite la selección o introducción de información; hace parte del paquete Swing API. Los métodos que implementa permiten llenar, actualizar y vaciar la lista.
- **BeanJTable.java:** esta clase también establece una interfaz para intercambiar datos entre la base de datos y un componente gráfico. En este caso el componente es un JTable del paquete Swing API, que presenta los datos por medio de una matriz de filas y columnas, permitiendo mostrar una tabla completa de la base de datos. Por la complejidad del manejo de la matriz de información es necesario el

uso de otra clase que provea el modelo abstracto de la tabla, la cual se describe a continuación.

- **MiTableModel.java:** se implementa por medio de la interfaz AbstractTableModel del paquete Swing API, permite definir y editar fácilmente las diferentes características de la tabla. Esta clase contiene los métodos para la manipulación de los datos de la tabla, que son utilizados por la clase anterior.

4.3.2 Interfaz gráfica

La implementación de este nivel esta basado principalmente en el paquete de componentes gráficos de java el Swing API, que contiene todos los componentes usados comúnmente en la creación de interfaces gráficas en los sistemas operativos orientados a ventanas. Las clases que componen este nivel deben importar el paquete Swing API por medio de la siguiente sentencia.

```
import javax.swing.*;
```

Este paquete facilita la creación de entornos gráficos intuitivos, a base de herramientas familiares al usuario, aumentando así su nivel de confianza frente a la aplicación y por consiguiente su productividad. Cada una de estas clases representa una ventana, heredando las características de las clases JFrame o JDialog.

Aparte de implementar la estructura de la interfaz gráfica, las clases que hacen parte de este nivel también realizan algunas operaciones de procesamiento y manejo de datos, las cuales por su bajo grado de complejidad hacen innecesaria su modularización en otra clase. A continuación se muestra la descripción de cada una de estas clases.

- **Alarma.java:** esta clase contiene la estructura gráfica de la ventana Alarms Cleared. La ventana dispone una tabla que muestra toda la información acerca de las alarmas que han sido corregidas y algunos botones que permiten exportar la información de manera digital o impresa. Dentro de esta clase se disponen los procesos necesarios para realizar las funciones anteriormente descritas; excepto para la impresión de la información que necesita la instanciación de la clase PrintT.java.
- **Autenticacion.java:** esta clase es la encargada de desplegar la pantalla de autenticación cuando se inicia la aplicación, de tal forma que se pueda identificar el tipo de usuario que accede al sistema y asignar las operaciones que puede realizar sobre el. Para realizar la identificación de usuario codifica la contraseña y la comprueba con la almacenada en la base de datos, con ayuda de la clase Codificacion.java descrita más adelante.
- **Configuracion.java:** Esta clase dispone la estructura gráfica de la ventana General Configuration, compuesta por un grupo de pestañas. La primera pestaña

despliega controles para cerrar el sistema y para iniciar el monitoreo remoto, la segunda para configurar las constantes de medición, la tercera para configurar las direcciones email, la cuarta para cambiar las contraseñas de usuario y la ultima para introducir información geográfica al sistema y la creación y restauración de backups. La mayoría de las operaciones se implementan al interior de la clase; pero la operaciones mas complejas se realizan en otras clases, como la creación de backups en la clase Backup.java e iniciar el monitoreo remoto implementada en la clase Periodico.java.

- **ConfOTDR.java:** esta clase contiene la estructura gráfica de la ventana OTDR Configuration. Dispone diferentes controles para configurar el monitoreo de cada OTDR, como la habilitacion del monitoreo y la asignación de información geográfica. Los procesos para realizar estas funciones estan contenidos en esta clase, excepto la asignación de la información geográfica que demanda la utilización de la clase Tablas.java.
- **General_AboutBox.java:** esta clase contiene la estructura gráfica de la ventana About, la cual muestra la información básica de la herramienta OFNMS, el nombre completo, los derechos de copia y los sus desarrolladores.
- **General.java:** esta clase establece la estructura gráfica de la pantalla principal de la aplicación OFNMS, donde se encuentran los botones para desplegar las diferentes ventanas de la aplicación. En la parte superior están los botones que abren las ventanas de servicio, como la ventana de configuración general, la ventana de configuración del OTDR, la ventana de registro de alarmas, la ventana de información de la herramienta; en la parte central se distribuyen 8 botones que despliegan las ventanas respectivas a cada OTDR monitoreado por el sistema. En esta clase se implementarán los procesos para habilitar los permisos de cada usuario, desplegar las diferentes ventanas y presentar el estado del sistema.
- **grafico.java:** esta clase esta encargada de procesar toda la información referente a la curva característica almacenada en la base de datos, para luego desplegar el gráfico de esta tal como lo muestra el OTDR. Para realizar este proceso hereda las características del componente gráfico JLabel y las características de la interfaz Printable para imprimir la gráfica en papel.
- **mensaje.java:** esta clase contiene la estructura para desplegar una ventana de mensaje de error. Cuando el sistema inicie y no encuentre correctamente configurada la base de datos o la tarjeta que provee los 8 puertos seriales para la conexión de los OTDR, despliega esta ventana describiendo la posible causa del problema.
- **OTDR.java:** esta clase establece la estructura gráfica de la ventana respectiva a cada OTDR, donde se muestra toda la información monitoreada por este. La ventana esta dividida en un grupo de pestañas, donde se dispone la información de la curva característica, los registros y las alarmas. La curva característica se despliega e imprime por medio de la clase grafico.java, los eventos y las alarmas

detectadas se muestran por medio de un JTable y se imprimen a través de la clase PrintT.java.

4.3.3 Procesamiento de datos

Este nivel contiene clases con diferentes funciones que buscan implementar eficientemente procesos demandados en otras clases. Las clases que componen este nivel no se caracterizan por realizar una función en común, simplemente contienen operaciones complejas y de utilización repetitiva que demandan su modularización. La descripción de cada una de estas clases se muestra continuación.

- **Analisis.java:** esta clase es la encargada de realizar un análisis exhaustivo de toda la información capturada de los OTDRs. Toma la información de la base de datos y la procesa dato por dato, para así determinar el estado de cada uno de los eventos reportados por el OTDR. En caso de presentarse una falla, la buscará en la base de datos y si no ha sido reportada determinará su ubicación y desplegará los mecanismos de alarma. Para enviar los mensajes SMS vía e-mail necesita implementar la clase SimpleSender.java y para reproducir el sonido de alarma utiliza el paquete javax.sound.sampled.
- **Backup.java:** la implementación de esta clase busca la modularización de la función de backup demandada en la clase Configuracion.java. Por medio del paquete java.util.zip de compresión de datos en formato ZIP, almacena toda la información de la base de datos en un archivo comprimido, dando así la posibilidad de realizar copias de seguridad periódicas del sistema. Para realizar la restauración de la base de datos realiza el proceso inverso, utilizando el mismo paquete para descomprimir la información.
- **Codificacion.java:** esta clase provee la codificación y decodificación de la contraseña cuando un usuario accede al sistema por medio de la clase Autenticacion.java o cuando se cambian las contraseñas por medio de la clase Configuracion.java. Estas funciones se realizan por medio del paquete Cryptography Architecture API que provee todas las herramientas y componentes necesarios para esta tarea. Los algoritmos que se utilizan para la codificación son el MD5 (Mensaje Digest 5) y el DES (Data Encryption Standard) por medio de una llave PBE (Password-based encryption).
- **Periodico.java:** esta clase esta encargada de realizar el proceso periódico de monitoreo de cada OTDR, el análisis de la información capturada y la creación de registros mensuales. Estos procesos son solicitados en la clase Configuracion.java donde esta ubicado el botón para iniciar el monitoreo remoto. Aquí se implementan las operaciones de iniciación y terminación de los procesos periódicos, como también la creación de registros mensuales. Para realizar la captura de datos desde el OTDR se implementa la clase PuertoS.java y para el análisis de estos datos se utiliza la clase Analisis.java. La ejecución periódica de las anteriores operaciones

demanda la utilización de la clase `time`, la cual garantiza la robustez y estabilidad de este proceso.

- **principal.java:** esta clase implementa el método `main` de la aplicación, que es el primero en instanciarse cuando se inicializa el sistema. Esta encargado de instanciar las clases básicas del sistema, como `General.java`, `basesD.java` y `Periodico.java`.
- **PrintT.java:** esta clase esta encargada de realizar la impresión de los datos desplegados en los componentes gráficos `JTable` de toda la aplicación, para esto hereda las características de interface `Printable`. Contiene el proceso para tomar los datos de la tabla e imprimirlos secuencialmente por medio de un dispositivo de impresión.
- **PuertoS.java:** la implementación de esta clase provee los procesos necesarios para la captura de datos desde el OTDR a través del puerto serial. Inicializa el puerto serial del computador, establece la comunicación con el OTDR, configura el OTDR para los distintos tipos de monitoreo y recibe los datos que este captura. El proceso de configuración y captura se realiza por medio de comandos en formato ASCII específicos para el OTDR de marca ANRITSU MW9076, los cuales serán descritos posteriormente. El manejo del puerto serial es realizado por medio del paquete `Java Communications API` que posee todas las herramientas y componentes necesarios para este fin.
- **SimpleSender.java:** esta clase se encarga de realizar el envío de los mensajes e-mail cuando se detecta una deficiencia de la fibra en la clase `Analisis.java`. Este proceso lo realiza por medio del paquete `JavaMail API`.
- **Tablas.java:** esta clase complementa el proceso de asignación de información geográfica en la clase `ConfOTDR.java`. Se encarga de realizar la adecuación y organización de la información geográfica de los diferentes enlaces asignados a cada OTDR para su posterior almacenamiento en la base de datos.

Todas las clases pertenecientes a los niveles descritos anteriormente, se empaquetan en un solo archivo llamado `OFNMS.JAR` por medio de la herramienta `jar.exe`, de esta forma se facilita su portabilidad. Dentro de este archivo se disponen también los paquetes externos a la interfaz de programación Java básica que son necesarios para la ejecución de funciones de la aplicación, buscando así facilitar el proceso de instalación. El diagrama de los diferentes componentes que hacen parte de la aplicación se muestra en la fig. 3.44.

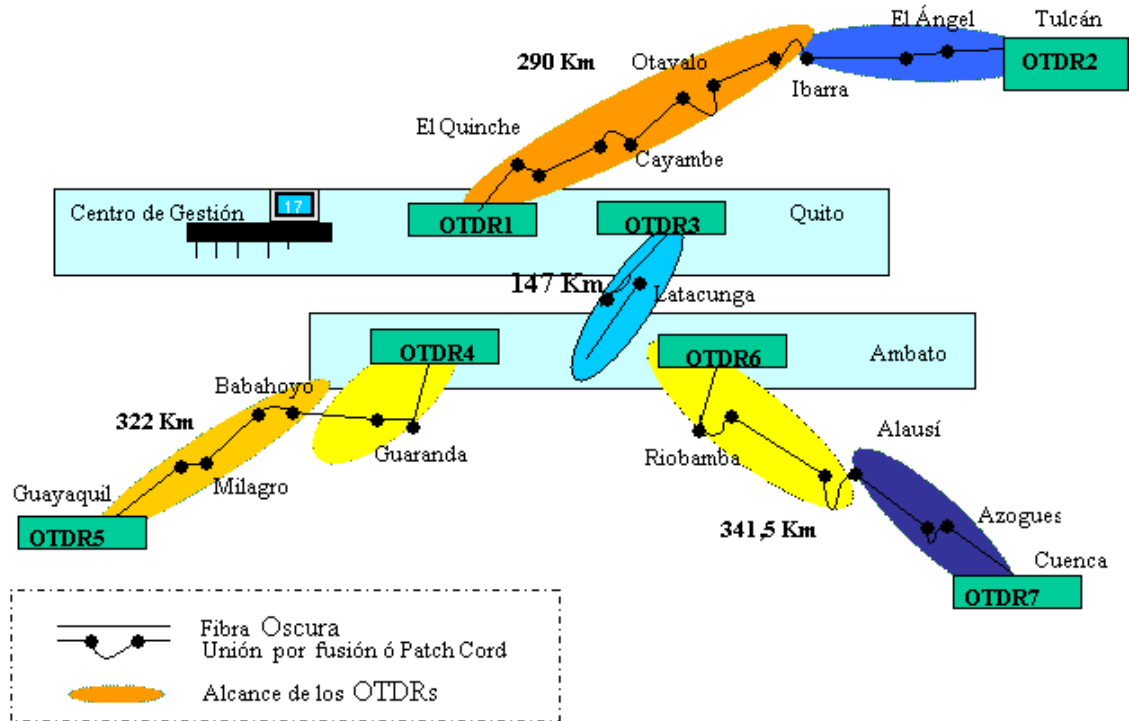
4.4 ARQUITECTURA FÍSICA

Como se ha mencionado con anterioridad, la herramienta software de gestión esta ajustada a los estándares del mercado actual y adaptada al tipo de red específico de la empresa ANDINATEL, la cual por medio de SIEMENS, colaboró para el desarrollo de este Proyecto de Grado.

Mediante la centralización de los datos recolectados por siete (7) OTDRS se tiene en el Centro de Gestión la información del estado de cada uno de los enlaces que conforman esta red de comunicaciones. Se utilizan OTDRs de la marca **ANRITSU MW 9076B** cuyo rango dinámico es de 43/45 dB para las longitudes de Onda de 1310/1550 nm.

Desde el centro de Gestión se monitorea de manera secuencial cada uno de los OTDRs, quienes entregarán los reportes de los tramos de fibra que están monitoreando, con los cuales la aplicación realizará los análisis respectivos. En la figura 4.2 se muestra el alcance de cada uno de los OTRDs :

Figura. 4.1 Diagrama General de Gestión de Fibra ANDINATEL



De esta forma :

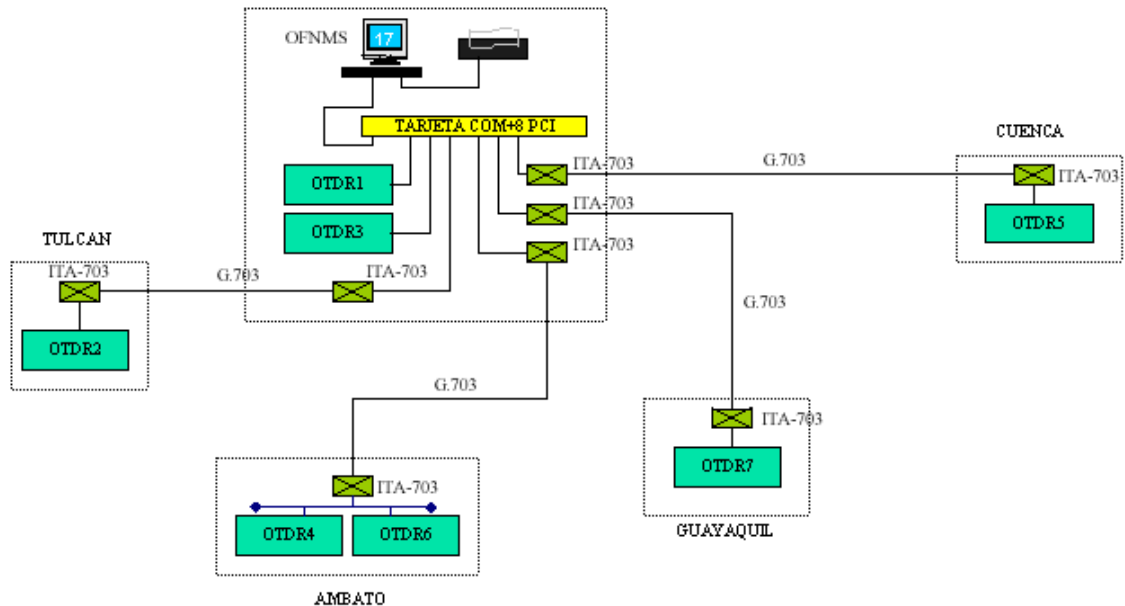
- El OTDR 1 monitoreará los enlaces Quito - El Quinche, El Quinche - Cayambe, Cayambe - Otavalo.

- El OTRD 2 monitoreará los enlaces Tulcán - El Angel, El Angel - Ibarra, Ibarra - Otavalo.
- El OTRD 3 monitoreará los enlaces Quito - Latacunga, Latacunga - Ambato.
- El OTRD 4 monitoreará los enlaces Ambato - Guaranda y parte del enlace Guaranda - Babahoyo.
- El OTRD 5 monitoreará los enlaces Guayaquil - Milagro , Milagro - Babahoyo y parte de Babahoyo - Guaranda (De Babahoyo hasta Montalvo).
- El OTRD 6 monitoreará los enlaces Ambato - Riobamba, Riobamba - Alausí.
- El OTRD 7 monitoreará los enlaces Cuenca - Azogues, Azogues - Alausí.

Nota : Actualmente el enlace Guayaquil - Milagro y los enlaces Cuenca - Azogues, Azogues - Alausí no cuentan con los canales G.703 requeridos para el intercambio de información entre el centro de Gestión y sus respectivos OTDR´s. Por tal razón, el sistema actualmente opera con cinco (5) OTDR.

Esquemáticamente los elementos se encuentran conectados de la siguiente manera

Figura. 4.2 Diagrama de Conexión



En las figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7 se muestran las conexiones realizadas en cada una de las localidades donde se encuentran ubicados los OTDRs.

Figura. 4.3 Conexiones en Quito-Centro

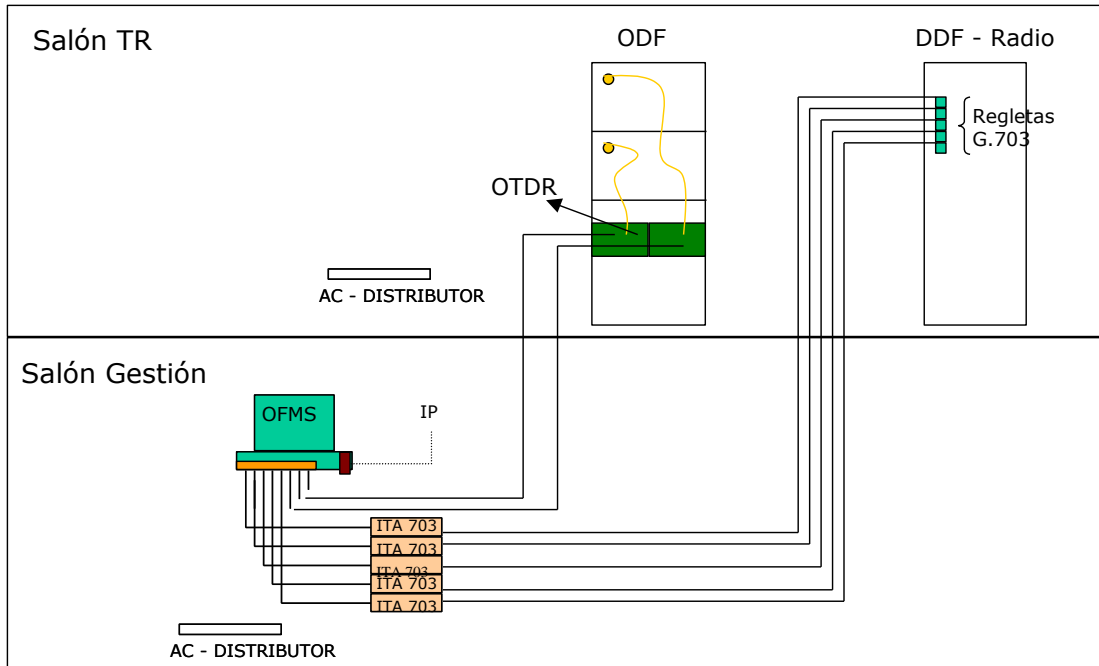


Figura. 4.4 Conexiones en Ambato

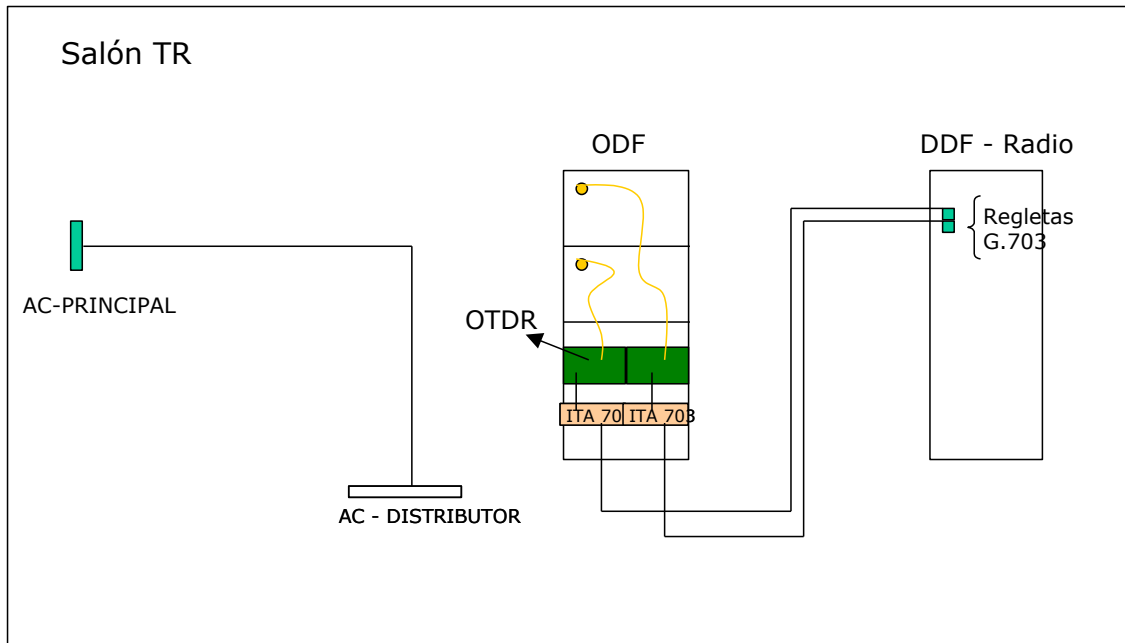


Figura. 4.5 Conexiones en Guayaquil

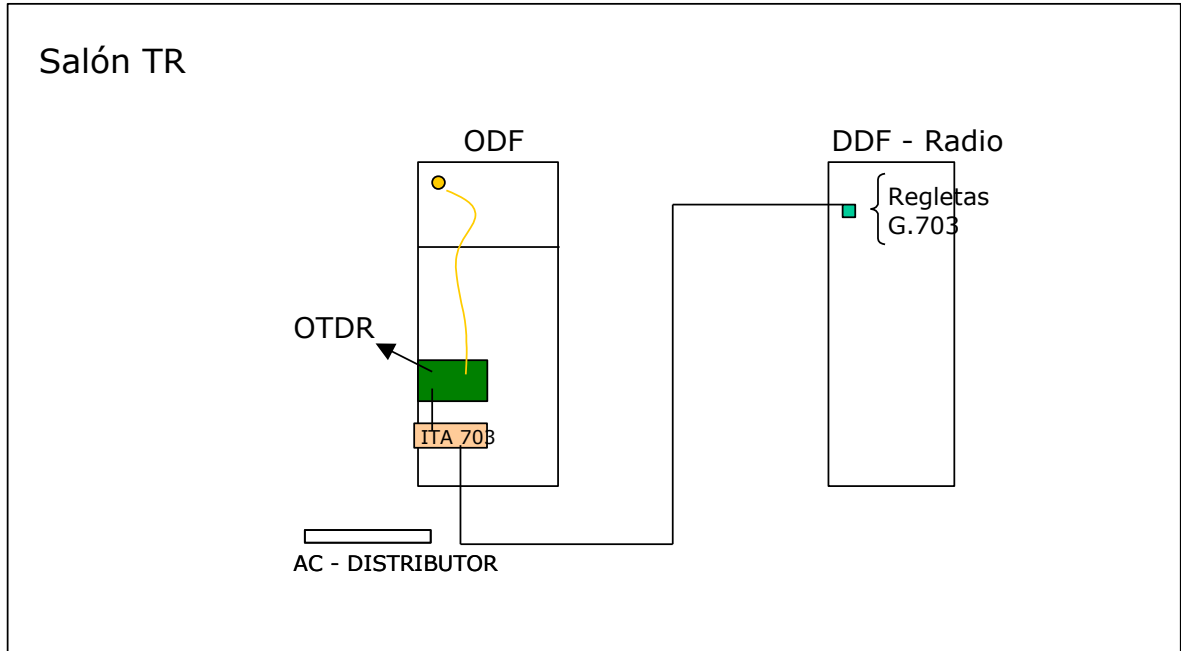


Figura. 4.6 Conexiones en Cuenca

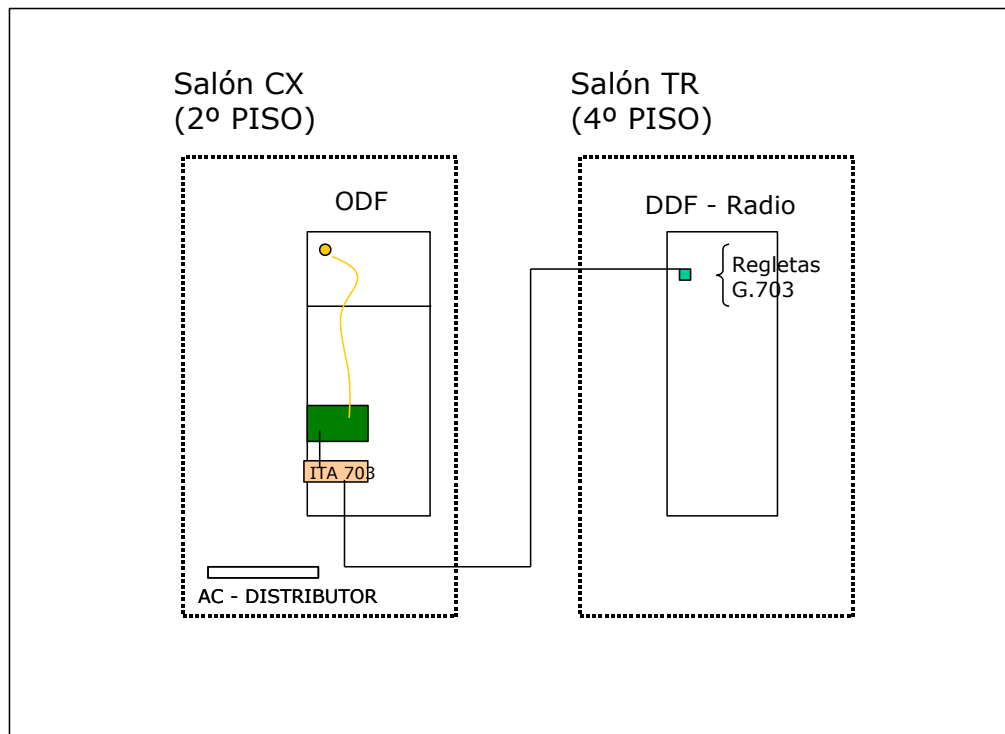
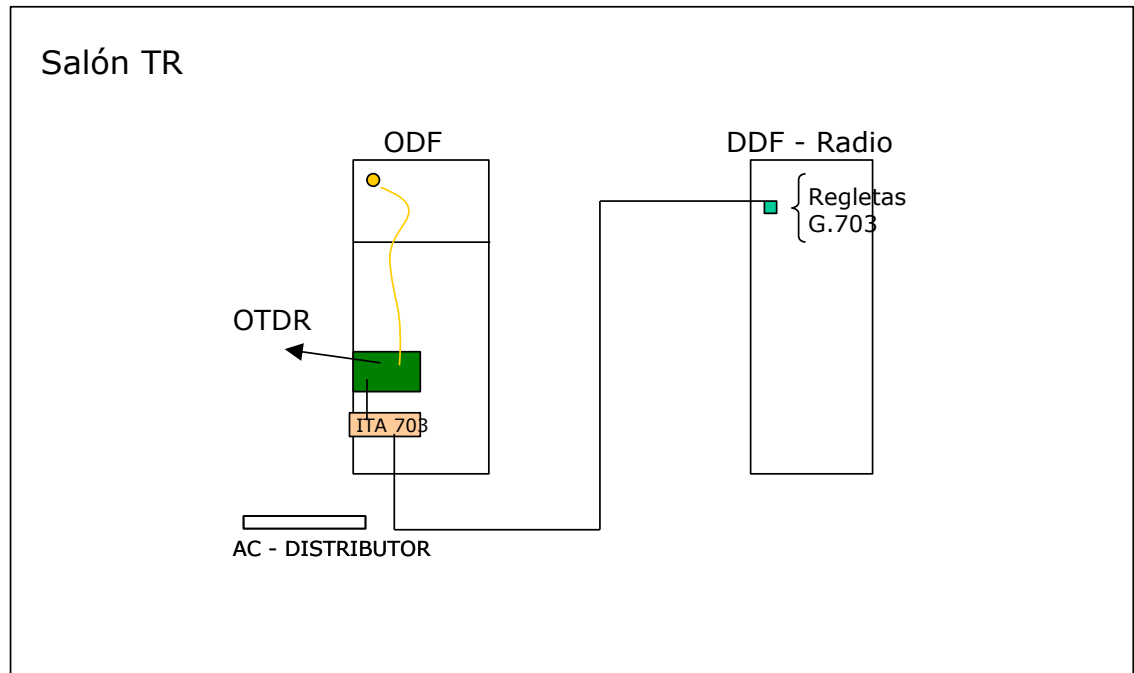


Figura. 4.7 Conexiones en Tulcán



En las Tablas 4.1 y 4.2, se presentan un resumen de los elementos utilizados para realizar las diferentes conexiones.

Tabla 4.1 Materialización Equipos y Cables

Items	Quito		Ambato		Guayaquil	
	Cantidad	Longitud de Cable (metros)	Cantidad	Longitud de Cable (metros)	Cantidad	Longitud de Cable (metros)
1 Equipos						
1.1 OTDRs	2		2		1	
1.2 ITA 703	5		2		1	
1.3 PC	1					
1.3.1 8COMM PORT	1					
1.3.2 Tarjeta de Red	1					
1.3.4 Impresora	1					
2 Cables y Otros						
2.1 Cable para red LAN	1	2	0		0	
2.2 Cables DB25 a DB9 (2	10	0	0	0	0
2.2 Cables DB25 a DB9 (0	0	2	1	1	1
2.3 Cables RJ 45	5	10	2	10	1	10
2.4 Patch Cords	2	21	2	21	1	21
2.5 Cables alimentación	8 normal		4 normal		2 normal	

Tabla 4.2 Materialización Equipos y Cables (Continuación)

Items	Cuenca		Tulcan		Total
	Cantidad	Longitud de Cable (metros)	Cantidad	Longitud de Cable (metros)	
1 Equipos					
1.1 OTDRs	1		1		7
1.2 ITA 703	1		1		10
1.3 Computador					1
1.3.1 8COMM PORT					1
1.3.2 Tarjeta de Red					1
1.3.4 Impresora					1
2 Cables y Otros					
2.1 Cable para red LAN	0		0		1
2.2 Cables DB9 a DB9	0	0	0	0	2
2.2 Cables DB25 a DB9	1	1	1	1	5
2.3 Cables RJ 45	1	50	1	10	10
2.4 Patch Cords	1	21	1	21	7
2.5 Cables alimentación	2 normal		2 normal		18

4.4.1 Mini OTDR MW9076 B/B1

En un principio cuando el proyecto era tan solo una idea, se pensó en trabajar con los OTDR fabricados por EXFO pues habían sido estos los elegidos para ser manejados por el personal de planta externa. Sin embargo, al realizar las gestiones respectivas, dicho fabricante no cooperó de la manera en que se esperaba, por tal motivo, se inicio la búsqueda de un nuevo proveedor. Fue aquí donde apareció Anritsu con su Mini OTDR MW 9076B/B1, el cual además de presentar una propuesta económica más rentable, facilito toda la información necesaria acerca de su OTDR (lo cual favoreció enormemente el desarrollo del proyecto), razones que llevaron a SIEMENS S.A a adquirir estos equipos para la ejecución de la aplicación.

Dentro de sus principales Características se encuentran :

- Alto rango dinámico (45 dB)
- Pequeña zona muerta (8 m)
- Medición sencilla de extremo a extremo de la fibra óptica
- Mediciones en 10 segundos (Modo Full-Auto)
- Ejecución automática de funciones tales como conmutar canales/longitud de onda, almacenar archivos, imprimir, etc.
- Alta resolución 5 cm , 50,000 puntos de muestreo
- Selector de canal óptico de 4 y 8 opcional
- 6 horas de vida de batería con indicador de potencia
- Permite escribir y almacenar datos en formato Bellcore GR196

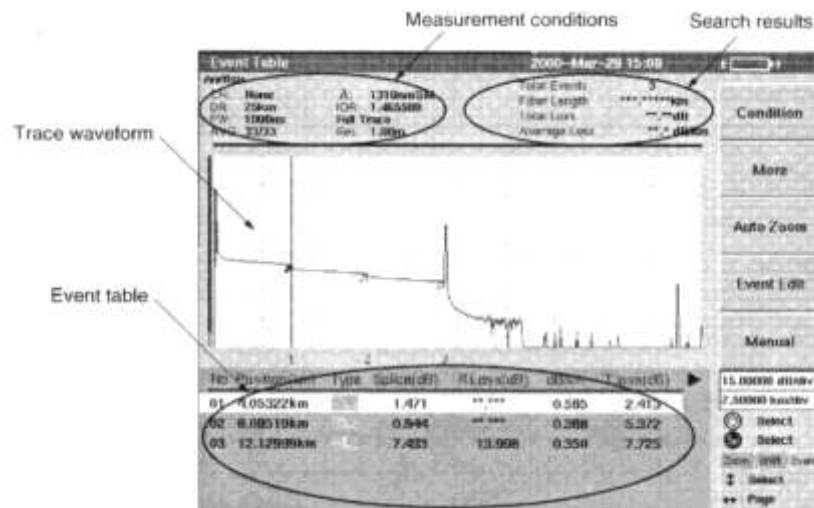
4.4.1.1 Modos de medición

Modo Full Auto / Modo Auto

Este modo de medición es aconsejable cuando el usuario no conoce la localización de las fallas. En este modo, las fallas en el cable son detectadas y desplegadas en pantalla una vez se haya realizado el proceso de muestreo, después del cual se mostrará en pantalla la figura 4.8. Cada punto en el que se encuentre una falla es indicada a través de un símbolo de evento (las flechas debajo de la curva) y los datos de la falla son desplegados en una tabla debajo de la forma de onda. Las fallas son llamadas eventos y esta tabla es llamada tabla de eventos.

En el modo Full Auto, el rango de distancia, el ancho del pulso y el tiempo promedio para el muestreo son estimados por el OTDR. En el modo Auto, estos valores pueden ser configurados manualmente.

Figura. 4.8 Pantalla del OTDR en Modo Auto



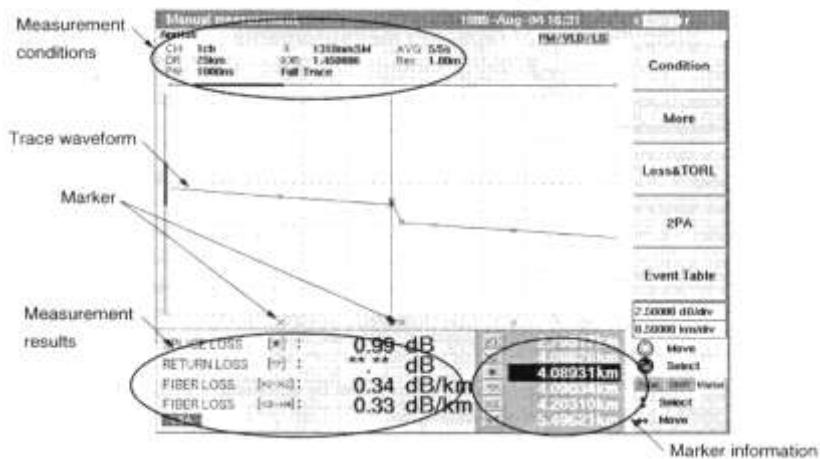
Traza de Forma de Onda : Es la curva que representa la atenuación sufrida por el pulso de medición a lo largo de la fibra, donde el eje y representa la atenuación y el eje x la distancia cubierta por la fibra. El extremo izquierdo de la traza muestra la salida óptica del OTDR mientras el extremo derecho muestra el extremo final de la fibra óptica.

Tabla de Eventos : Numero de fallas encontradas por el OTDR (No.), Distancia desde el OTDR (Position), Pérdidas de Empalme (Splice), Pérdidas de Retorno (R. Loss), Pérdidas totales de la falla (T.Loss).

Modo Manual

En este modo, cualquier posición en la fibra puede ser medida con tan solo mover los marcadores hacia ella. Al programar el OTDR en este modo, se puede realizar mediciones tanto de "Pérdidas en la fibra y Pérdidas totales de retorno" como de "Pérdidas de empalme y Pérdidas de retorno". Dos marcadores son desplegados para "Mediciones de Pérdidas" y seis marcadores son desplegados para realizar "Mediciones de Pérdidas de Empalme y Pérdidas de Retorno". Los valores obtenidos son siempre desplegados en el parte inferior de la ventana (Ver figura 4.9).

Figura. 4.9 Pantalla ODTR en Modo Manual

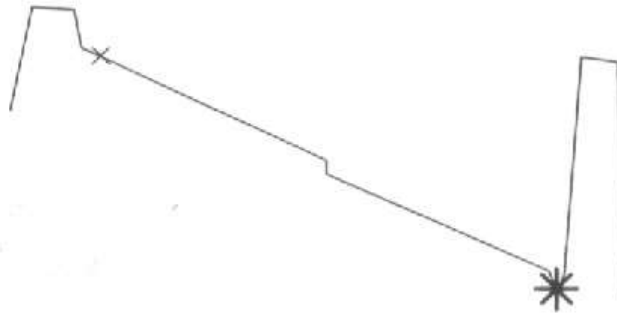


4.4.1.2 Tipos de Mediciones

4.4.1.2.1 Mediciones de Pérdidas y Pérdidas de Retorno Total

Al utilizar esta medida se podrá determinar la distancia entre los marcadores X y *, pérdidas, pérdidas por kilómetro y pérdidas totales de retorno. Sin embargo, las pérdidas de retorno totales no pueden ser medidas durante el muestreo.

Figura. 4.10 Mediciones de " Pérdidas y Pérdidas de retorno total "



4.4.1.2.2 Mediciones de Pérdidas de Empalme y Retorno

Usando esta medida, la pérdida en el conector puede ser medida. Aquí, un marcador * es fijado en el conector y un par de marcadores x son fijados a cada lado del marcador * como se muestra en la figura 4.11. Si una reflexión Fresnel ocurre en un conector, un marcador ∇ es fijado en el pico de la falla.

Los cuatros marcadores x son llamados x_1, x_2, x_3, x_4 . La pérdida de empalme es determinada con base en la diferencia vertical entre el marcador * y las líneas rectas dibujadas entre los marcadores x_1, x_2, x_3 , y x_4 .

Figura. 4.11 Mediciones de " Pérdidas de Empalme y Pérdidas de Retorno "

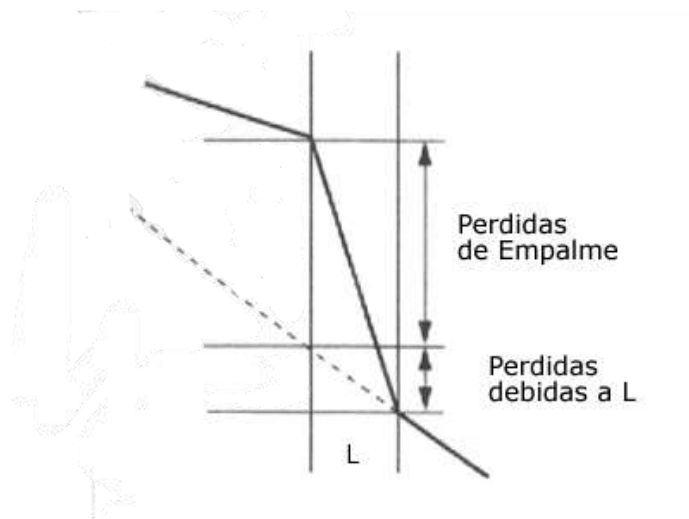


En esta medida, la distancia entre los marcadores x_1 y x_2 y entre los marcadores x_3 y x_4 , así como la pérdida en la fibra (pérdida por unidad de longitud) son desplegadas.

Existe una sección en el empalme donde la luz retrodispersada no puede ser medida precisamente durante un tiempo que es equivalente al ancho del pulso. La distancia L

mostrada en la figura es equivalente a la sección mencionada anteriormente. Debido a esta, la pérdida de la fibra en la sección L es incluida en la medida.

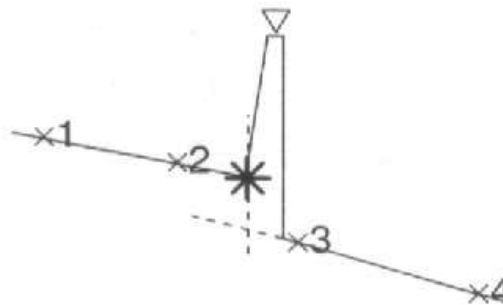
Figura. 4.12 Pérdidas debidas a retrodispersión



4.4.1.2.3 Mediciones de reflexión

Si "Splice & Return Loss Measurement" es seleccionado en Modo Manual, es posible realizar medidas de reflexión. En esta medida, seis marcadores son fijados de la misma manera que en las pérdidas de empalme y retorno. Figura. 4.13

Figura. 4.13 Mediciones de " Reflexión "



El valor de la medición se obtiene a partir de la diferencia de los niveles entre los marcadores * y ▽.

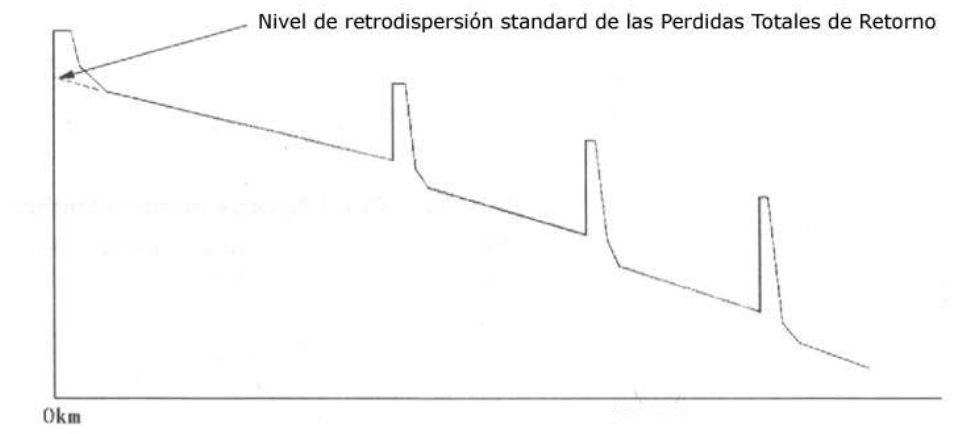
4.4.1.2.4 Medición de las pérdidas totales de retorno

Esta medición calcula las pérdidas totales de retorno y despliega esto en pantalla.

Modo de Medición Auto

La pérdida de retorno total desde el kilómetro 0 hasta el extremo final de la fibra se mide. El nivel de retrodispersión utilizado como referencia es el indicado en la figura 4.14.

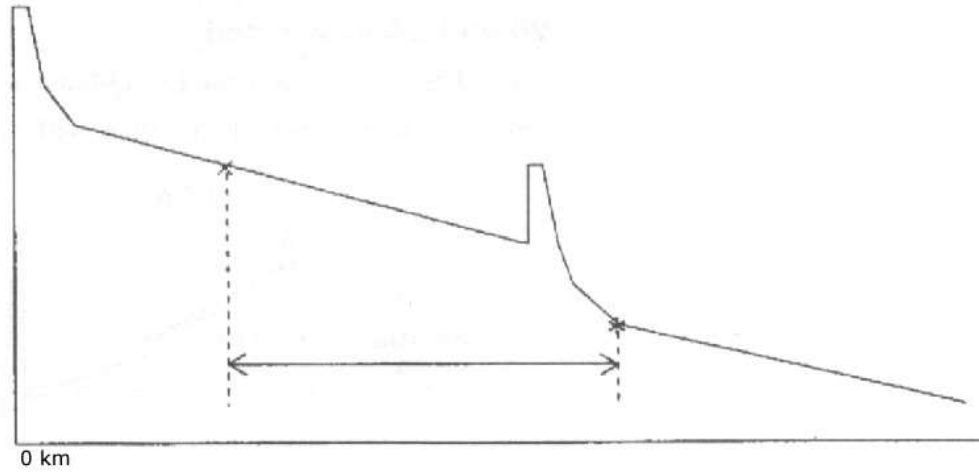
Figura. 4.14 Traza OTDR



Modo de Medición Manual

Después de que el muestreo ha sido realizado en el modo de Medición de Pérdidas, la pérdida total de retorno entre dos marcadores (X y *) es medida y desplegada. Estos marcadores pueden ser movidos de una posición a otra. Figura. 4.15

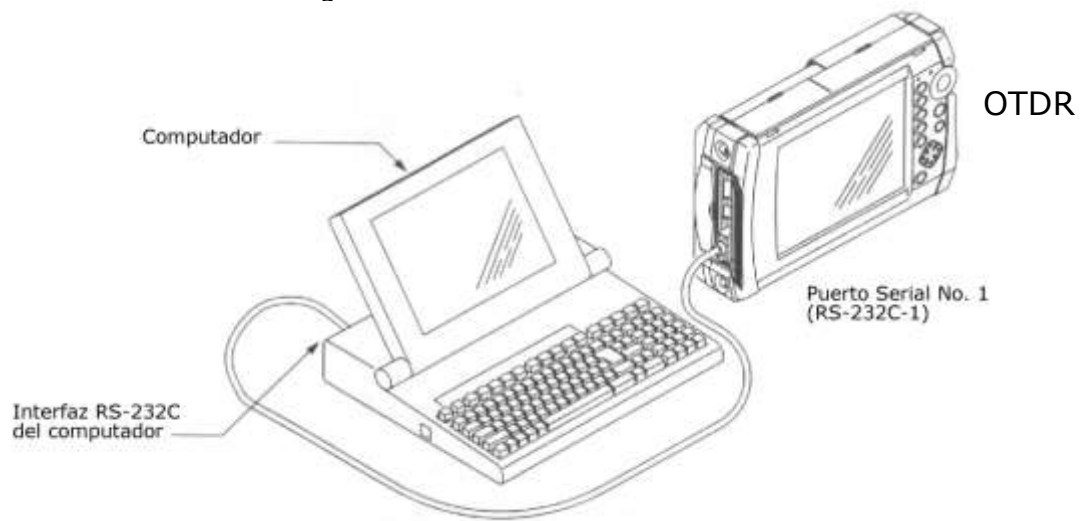
Figura. 4.15 Traza OTDR



4.4.1.3 Puerto Serial

Cuando un computador se conecta al OTDR a través de la interfaz RS-232, el computador se utiliza para controlar la mayoría de las operaciones tales como : configuraciones de parámetros de medición, ejecución de mediciones, y solicitar los resultados de las mismas. Esta función es llamada función de control remoto.

Figura. 4.16 Conexión PC - OTDR



4.4.1.3.1 Conexión

Un cable es utilizado para conectar el OTRD con el conector RS-232 del computador. El conector RS-232 del OTDR es un conector DB9 cuyo distribución de pines se muestra en la figura 4.17.

Figura. 4.17 Conector dB-9 (Macho)

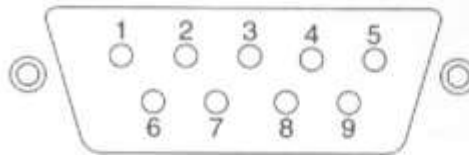


Tabla 4.3 Distribución de Pines

Pin No.	Señal	Comentario
1	CD	Detector De Portadora
2	RD	Datos recibidos
3	SD	Datos enviados
4	ER	Equipo Listo
5	SG	Señal de tierra
6	DR	Datos fijados listos
7	RS	Solicitud para enviar
8	CS	Clarear para enviar
9	(NC)	

4.4.1.3.2 Método Direct

En este método se diferencian dos procesos de acuerdo a como es llevada a cabo la transmisión de los datos.

- Cuando es normal : Una respuesta positiva (ANS 0) en enviada de regreso después de un comando de Control (Mirar el diagrama de la izquierda, Fig. 4.18). Una respuesta es retornada después de un comando de Solicitud (Mirar el diagrama de la derecha, Fig 4.18).
- Cuando es anormal : Una respuesta negativa (ANS ***) es retornada cuando el OTDR detecta algún problema en la transmisión. (Mirar el diagrama de la izquierda, Fig 4.19). Cuando el computador detecta esto, re-envía el comando hasta obtener una respuesta positiva.

Figura. 4.18 Método Directo Secuencia Normal

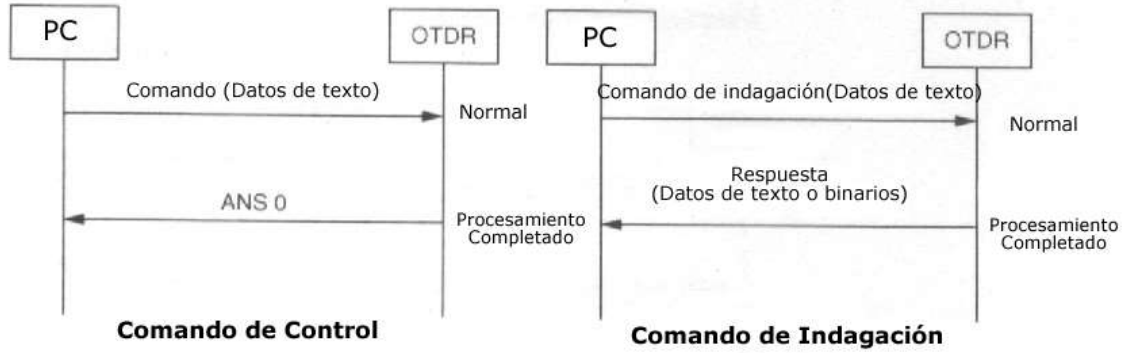
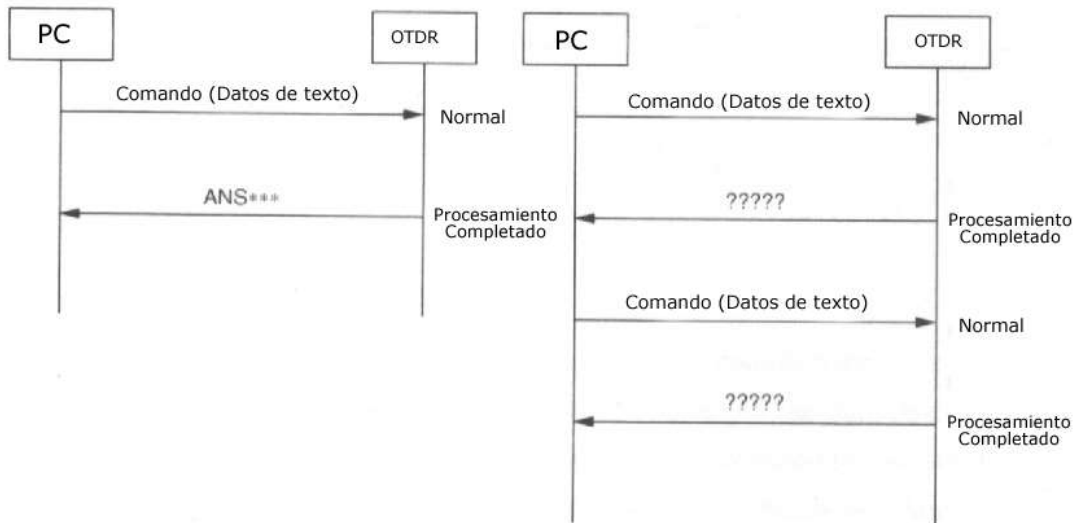


Figura. 4.19 Método Directo Secuencia Anormal



4.4.1.3.3 Configuración del puerto serial

El OTDR tiene dos puertos seriales. El puerto No.1 es utilizado para controlar el OTDR externamente a través de un computador. El puerto No.2 es usado para controlar un dispositivo externo desde el OTDR, este dispositivo está representado generalmente por un selector de canales externo.

Figura. 4.20 Pantalla de Configuración

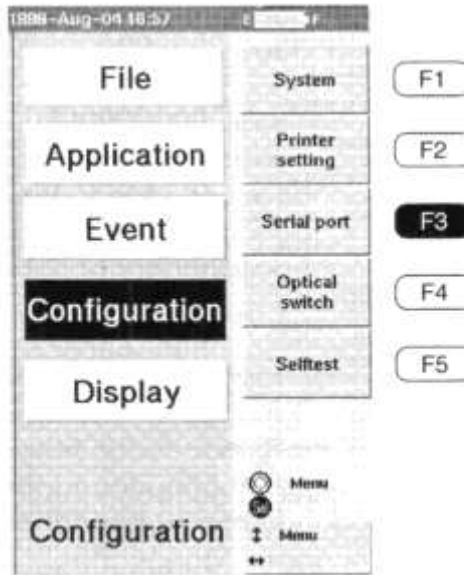
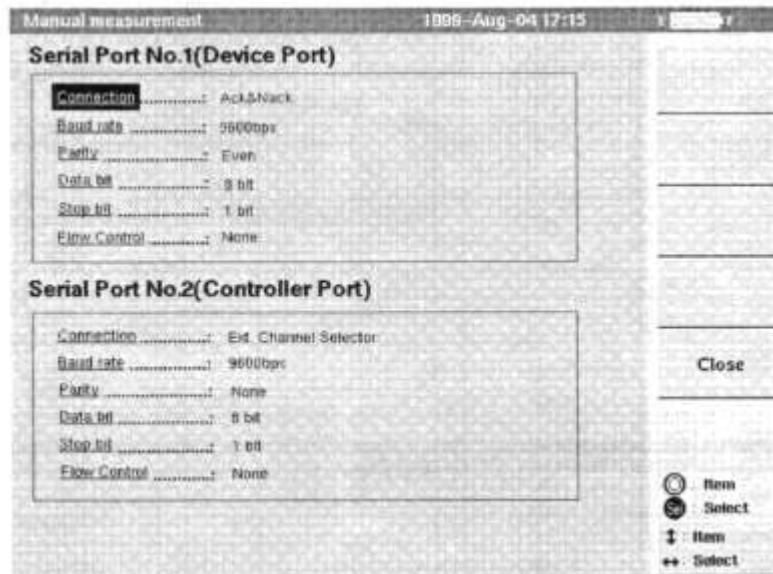


Figura. 4.21 Pantalla de Configuración del Puerto Serial



Conexión

Fija el formato de datos a ser transferido.

ACK & NACK : Código de control de transmisión es adicionado antes y después de los datos a ser transmitidos.

Direct : Solamente el dato a transferir es enviado.

Tasa de Baudios

Permite fijar la tasa de transferencia de datos

Paridad

Permite escoger el método de chequeo de paridad de los datos a transmitir

Odd : Paridad impar

Even : Paridad par

No : El chequeo de paridad no es realizado.

Data Bit

Fija la longitud en bits de los datos a transferir. Para el puerto No. 1 solamente 8 bits pueden ser fijados.

Stop bit

Fija el bit de parada de los datos. 1 o 2 bits pueden ser fijados.

Flow Control

Fija el metodo de control de flujo durante la transferencia de datos

Xon / Xoff : Control Software (Sin embargo, este no puede ser fijado para el puerto serial No. 1)

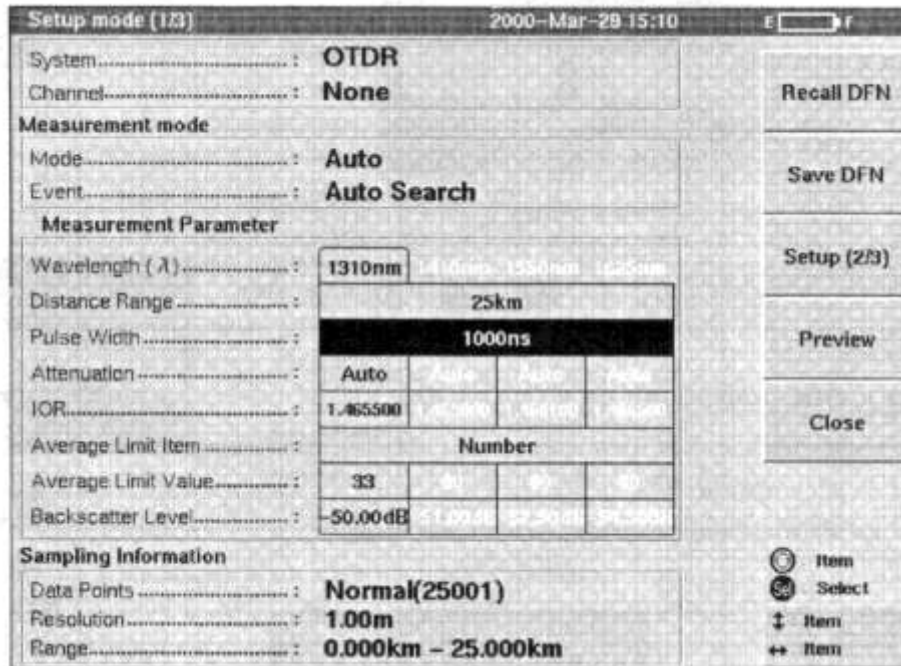
Hardware : Control Hardware

None : Los datos son transferidos sin control de flujo alguno.

4.4.1.4 Configuraciones del OTDR

En este apartado, se presentan los diferentes elementos que permite configurar el dispositivo. Cada uno de estos, constituye un elemento fundamental en el momento de la configuración, por tal motivo, se realiza un descripción precisa de los mismos y se indica las opciones seleccionadas para la aplicación.

Figura. 4.22 Pantalla de Configuración (1 / 3)



System

Selecciona el sistema de medición (OTDR / OLTS / CD)

Al seleccionar OTDR se pueden realizar los ajustes de parámetros necesarios y realizar medidas OTDR. Se escoge OTDR por obvias razones

Canal

Permite fijar el canal cuando un selector de canal óptico externo es conectado. Si no hay selectores conectados, como ocurre en el sistema, 'None' es desplegado.

Modo de Medición

Full Auto : El rango de distancia, el ancho del pulso, el atenuador, averaging limit¹, son fijados automáticamente y las búsqueda automática de fallas es llevada a cabo.

Auto : El atenuador de entrada es fijado y se realiza la búsqueda automática de fallas. Para los otros ítems, se puede acudir a una configuración manual

¹ averaging limit, hace referencia a la opción que presenta el OTDR de fijar el tiempo de muestreo. Se prefirió su uso en inglés debido a la poco coherencia de su traducción.

Manual : Las mediciones son realizadas de acuerdo a la configuración efectuada para los diferentes parámetros. Aunque la búsqueda automática no es realizada, marcadores suplementarios son localizados en óptimas posiciones para realizar las diferentes medidas de empalmes.

Tanto el método Auto como el método Manual son utilizados por la herramienta. El primero se utiliza para realizar el muestreo y el segundo para solicitar los datos de dicho proceso al OTDR.

Eventos

Selecciona el método de creación de la tabla de eventos (Auto Search / Fixed)

Auto Search : La búsqueda automática es realizada de nuevo sin tener en cuenta los resultados obtenidos en búsquedas anteriores.

Fixed : Un evento cerca de un evento que fue detectado con anterioridad es detectado.

Debido a los requerimientos definidos para el sistema, el modo seleccionado para el sistema lo constituye el Auto Search, pues es necesario que los eventos detectados sean actuales para evitar enviar información de alarmas que pudieron haber sido solventadas.

Parámetros de Medición

Longitud de Onda : Permite seleccionar una o múltiples longitudes de onda. El OTDR seleccionado presenta dos opciones : 1310 nm / 1550 nm. Debido al tipo de fibra óptica tendida para Andinatel la opción seleccionada es la segunda.

Distancia : Selecciona el rango de distancia. Si es fijado automáticamente , el rango de distancia óptica es automáticamente detectado y desplegado en pantalla. Si la longitud total de la fibra es conocida, se selecciona un valor ligeramente mayor. La medición toma mucho tiempo si el valor seleccionado es muy grande. Si la longitud fijada es mas pequeña que la longitud de la fibra, la medición no se realiza con mucha exactitud. Este parámetro junto al ancho del pulso, permitirán a la aplicación realizar los muestreos cercanos y lejanos establecidos como características de la misma.

Cuando se va a realizar el muestreo cercano, se configura el rango de distancia al máximo valor y se escoge una ancho de pulso grande de tal forma que el rayo de luz pueda viajar hasta el final de la fibra. Para el muestreo cercano, el rango de distancia será mucho menor y el ancho del pulso será pequeño.

Ancho del Pulso : Selecciona el ancho del pulso. Mientras mas pequeño sea el ancho del pulso mas resolución se obtiene y la exactitud de la medición será mayor. Por otro lado, mientras más pequeño el pulso mas baja será la potencia, con esto, componentes de ruido se incrementaran a medida que la longitud de la fibra sea mayor.

Atenuación : Fija el atenuador. Es necesario incrementar el ancho del pulso para realizar medidas en fibras muy largas. Sin embargo, el incremento en el ancho del pulso puede ocasionar saturación siendo necesario la inserción de un atenuador para contrarrestar tal efecto. Los valores disponibles para este dependerán del ancho del pulso. Si el modo Full Auto o Auto son seleccionados, se inserta un atenuador óptimo el cual no podrá ser cambiado

Índice de Refracción : Fija el índice de refracción (entre 1.400000 y 1.699999). El índice de la fibra utilizada es 1.4861.

Average Limit Value : Permite fijar el tiempo a emplear para realizar el proceso de muestreo. Al seleccionar el modo Full Auto o Auto el valor no podrá ser fijado. Varía dependiendo del tipo de muestreo realizado (Cercano o Lejano). Para el muestreo lejano es de 2 minutos y para el muestreo cercano 30 segundos.

Nivel de Retrodispersión : Adiciona un valor de corrección (entre -9.99 y +9.99) de nivel de retrodispersión. Este es un valor numérico constante usado para calcular las pérdidas de retorno y las pérdidas totales de retorno.

Información de Muestreo

Puntos de Información : Selecciona el número de puntos de muestreo (Rápida / Normal / Alta). El número seleccionado se obtiene a partir del rango de distancia seleccionado y la velocidad escogida.

Resolución : Despliega la resolución de muestreo. Los valores máximos de la resolución dependen del rango de distancia configurado y del número de puntos de muestreo, como lo muestra en la tabla 4.4

Rango : Indica el rango de muestreo

Tabla 4.4 Relación entre puntos de muestreo y distancia

Rango Distancias	Puntos de Muestreo		
	Rápido	Normal	Alta
1 km	20 cm (5001)	5 cm (20001)	No puede ser fijado
2.5 km	50 cm (5001)	10 cm (25001)	5 cm (50001)
5 km	1 m (5001)	20 cm (25001)	10 cm (50001)
10 km	2 m (5001)	50 cm (20001)	20 cm (50001)
25 km	5 m (5001)	1 m (25001)	50 cm (50001)
50 km	10 m (5001)	2 m (25001)	1 m (50001)
100 km	20 m (5001)	5 m (25001)	2 m (50001)
200 km	40 m (5001)	10 m (25001)	5 m (40001)
250 km	40 m (6251)	10 m (25001)	5 m (40001)
400 km	80 m (5001)	20 m (25001)	10 m (40001)

Figura.4.23 Pantalla de Configuración (2/3)



Chequeo de Fibra Activa

Permite analizar si existe luz de comunicación sobre la fibra examinada antes de que el OTDR envíe el pulso de luz. Si esta luz es detectada como resultado del chequeo, se despliega un mensaje y se detiene la medición. Como el hilo de la fibra utilizado no era utilizado para el tráfico de información no era necesario activar esta opción.

Chequeo de Conexión

Verifica el estatus de la conexión entre la fibra examinada y el OTDR. Si alguna anomalía es detectada, el OTDR lo indicará a través de un mensaje.

LD Visible

Es una fuente de luz con una longitud de onda de 635nm. Puesto que dicha fuente emite luz visible, las fallas en la zona muerta del OTDR pueden ser detectadas. Además, esta también puede ser utilizada para comparar los núcleos de una fibra multinúcleos. Esta luz no existe en el sistema.

Umbrales de eventos

Esta opción permite definir valores para diferentes pérdidas (empalme, retorno, fin de fibra) por encima de los cuales, el OTDR deberá registrarlos como eventos los cuales

podrían representar eventuales fallas. En ese orden de ideas, en trabajo conjunto con el personal de planta externa de la empresa, se definieron los siguientes valores que permitieron la detección de las anomalías a considerar realmente dentro del análisis realizado a la fibra. Los valores son los siguientes :

Pérdidas de empalme : 0,05 dB

Pérdidas de retorno : 60 dB

Fin de fibra : 5 dB

4.4.1.5 Comandos

A continuación se realiza una descripción de los comandos mas significativos que fueron utilizados dentro de la aplicación. Para tal efecto se mostrará como utilizarlos y sus diferentes posibilidades.

- STR { 0 | 1 }

Iniciar Monitoreo

0 : Parar Monitoreo

1 : Iniciar Monitoreo

Solicitud : STR ?

Respuesta : STR { 0 | 1 }

0 : Monitoreo detenido

1 : Monitoreando

- MES { 0 | 1 }

Permite seleccionar el modo de medición

0 : Modo de medición Manual

1 : Modo de medición Full Auto/ Auto

Solicitud : MES ?

Respuesta : MES { 0 | 1 }

- FNC { 0 | 1 }

Fija El tipo de medición Manual

0 : Pérdidas de Empalme y Pérdidas de Retorno

1 : Pérdidas y Pérdidas Totales Retorno

Solicitud : FNC ?

Respuesta : FNC { 0 | 1 }

- ALA <Mode>,<Setting>

Permite fijar el tiempo de duración del muestreo

<Mode>

0 : Número de veces

1 : Tiempo a emplear

2 : Auto (No puede ser fijado cuando se encuentra en modo Manual)

<Setting>

No. de veces : Unidad : 1 vez (1 a 9999 veces)

Tiempo a emplear : : Unidad : 1 segundo (1 a 9999 segundos)

Auto : Deshabilitado

Solicitud : ALA ?

Respuesta : ALA <Mode>, <Setting (No. de veces)>, < Setting (Tiempo a emplear)>

- DSR <Distance range>

Permite fijar el rango de distancias en el que se va a trabajar

< Distance Range >

1.000m

2.500m

5.000m

10.000m

25.000m

50.000m

100.000m

200.000m

250.000m

400.000m

Algunas de estas pueden no ser posibles dependiendo de la combinación con el ancho del pulso y el número de datos de muestreo.

- PLS <Pulse width>

Fija el ancho del pulso a emplear

< Pulse width >

5ns
10ns
20ns
50ns
100ns
500ns
1.000ns
2.000ns
4.000ns
10.000ns
20.000ns

Existen algunas combinaciones entre el ancho del pulso y el rango de distancia que no pueden ser seleccionadas.

Solicitud : PLS ?

Respuesta : PLS <Pulse width>
PLS *** es la salida cuando el pulso no es válido.

- AUT ?

Lee los resultados en las mediciones Auto

Solicitud : AUT ?

Respuesta : AUT <Total de eventos>,<Longitud de la fibra>,<Perdida de retorno total>

- LOS ?

Lee los resultados en las mediciones de perdida

Solicitud : LOS ?

Respuesta : LOS <Valor de la perdida>,<Valor de distancia>,<Valor de la perdida de la fibra>

- EVN ?

Lee los resultados obtenidos para los diferentes eventos

Solicitud : EVN ? < Número del evento >

<Número del evento>
Especifica el evento de la tabla a analizar

Respuesta : EVN <Número del evento>, <Posición>, <Valor perdida del empalme>, <Valor perdida de retorno>, <Valor perdida total>, <Tipo de evento>, <Valor perdida de la fibra>, <Error>.

4.5 MODEM ITA-703

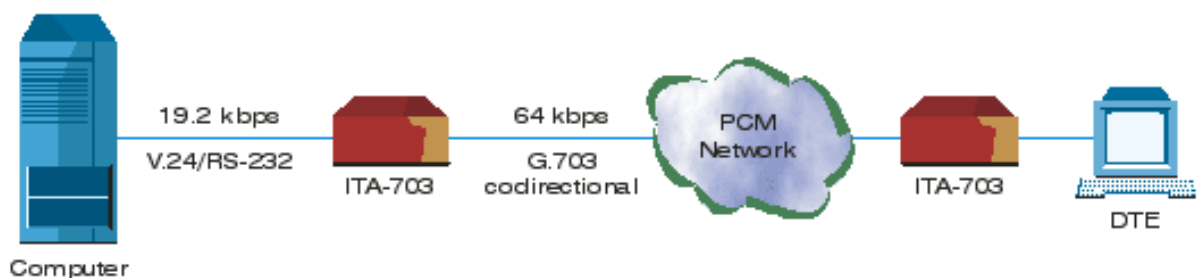
La transmisión de datos de los diferentes OTDR´s al centro de gestión y la operación recíproca, se realiza a través de canales de radio G.703 que son suministrados por Andinatel. Por tanto, y al recordar lo mencionado anteriormente respecto al Mini OTDR MW9076 B/B1 se requiere de un elemento intermedio que permita adaptar estos dos elementos.

El Modem ITA-703 es un conversor de interfaz y velocidad que permite habilitar equipo de baja velocidad V.24/RS-232 para ser conectado a la interfaz G.703 (64 kbps). Con el ITA-703, la red PCM puede ser utilizada para transportar canales de datos de baja velocidad. La conversión de velocidad se hace de acuerdo a los estándares ITU I.463 (V.110) e I.460.

Operando síncrona o asincrónicamente, el ITA-703 convierte la velocidad del RS-232 hasta 19,2 kbps. Para velocidades asíncronas de 600 bps y mas grandes, la técnica de conversión de asincrónico a síncrono es compatible con la ITU V.14. Para velocidades asíncronas menores a 600 bps, el ITA-703 opera en modo síncrono a 19,2 kbps y produce sobremuestreo de datos.

El ITA-703 opera en full duplex a una velocidad de transmisión de 64 kbps, con un rango de 800 m desde el equipo G.703. Además presenta capacidades para realizar bucles locales y bucles digitales remotos.

Figura. 4.24 Conexión con MODEM ITA-703



4.6 TARJETA SEALEVEL COMM+8.PCI

Los sistemas COMM+8.PCI de SeaLevel proveen al computador de ocho puertos asincrónicos RS-232 para aplicaciones de control y de automatización. La tarjeta COMM+8.PCI permite la conexión a cualquier dispositivo que utilice la interfaz eléctrica RS-232, tal como módems, terminales de entrada de datos, y plotters.

Esta constituida por los siguientes elementos :

- Adaptador Serial I/O COMM+8.PCI
- Cable "Spider " DB-78 a ocho DB-25.
- Software SeaLevel

Tabla 4.5 Especificaciones Técnicas tarjeta COMM+8.PCI

Especificaciones Técnicas	
Número de Puertos	8
Chip de Comunicaciones	16C554
Tasa Máxima de Transmisión	460.8kbps
Distancia Máxima	Hasta 50mts
Rango de temperatura	0 - +70°C
Temperatura de Almacenamiento	-50 - +105°C
Rango de Humedad	10 - 90%R.H

Figura. 4.25 Tarjeta SeaLevel COMM+8.PCI



4.7 PRUEBAS

El objetivo de este punto es mostrar los procesos realizados para la revisión y verificación del comportamiento de la aplicación en sus diferentes escenarios de uso. De la misma manera, se presentan los procesos de validación desarrollados para examinar las diferentes funcionalidades de la aplicación. Todo esto para asegurar que se han cumplido los requerimientos propuestos.

A continuación se describen las actividades desarrolladas para tales efectos :

- Comunicación con el OTDR a través del Hyperterminal

El Mini OTDR MW9076B, presenta la posibilidad de ser manejado por un computador a través de la interfaz RS-232. Para examinar esto, se utilizó la herramienta Hyperterminal de Microsoft Windows, la cual una vez configurada permitió establecer una conexión entre computador y OTDR. Esta conexión se realizó entre el puerto COM y la interfaz RS-232, respectivamente. Figura 4.26.

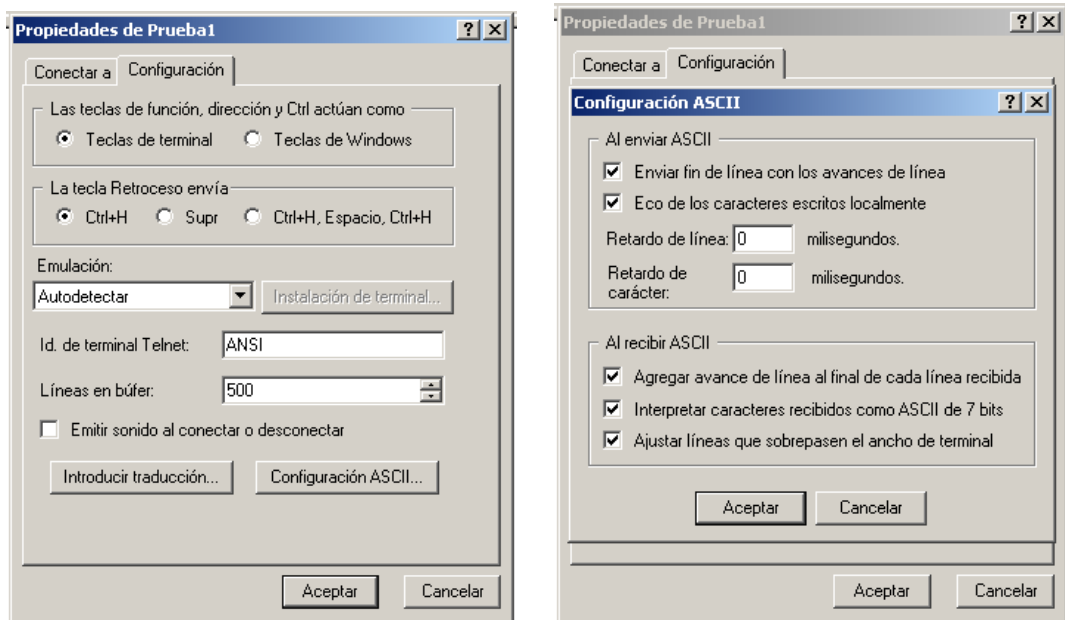
Una vez establecida la conexión, se procedió al estudio y envío de diferentes comandos definidos en el "Manual de Operación de la Interfaz Serial", que permitieron constatar la posibilidad de manejo del dispositivo.

Las configuraciones realizadas en el Hyperterminal se muestran en la figura 4.27 :

Figura. 4.26 Esquema conexión

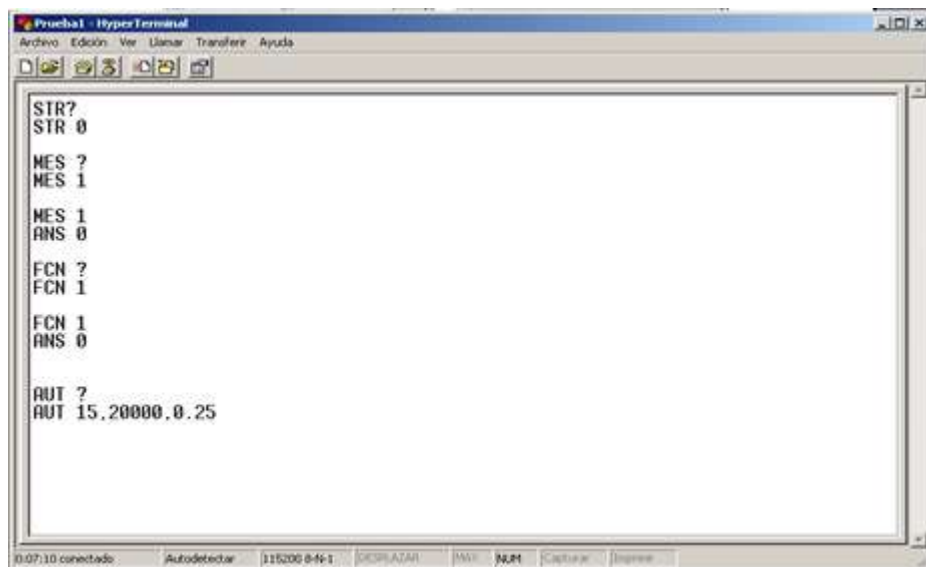


Figura. 4.27 Configuraciones de Hyperterminal



En la figura 4.28, se muestra resultados obtenidos con algunos de los comandos seleccionados.

Figura. 4.28 Resultados con el Hyperterminal



- Comunicación con el OTDR a través de aplicación en JAVA

Al corroborar la posibilidad de manejo desde el computador, se desarrolló una aplicación, la cual además de permitir establecer la comunicación entre computador y OTDR implementaba funcionalidades básicas del proceso de muestreo: inicio de muestreo y recolección de datos.

La conexión entre computador y OTDR se realiza de la misma manera que en la prueba anterior (Ver figura 4.26). Esta vez los comandos enviados fueron específicos, pues eran solamente los relacionados con las funciones de muestreo. Un ejemplo de ello se presenta en la figura 4.29.

Figura. 4.29 Aplicación JavaTerminal



A partir de este punto, todas las pruebas fueron realizadas con la aplicación desarrollada en su totalidad. De esta forma, solamente en la primera de ellas se pondrá de manifiesto las pruebas realizadas para corroborar la correcta implementación de las funcionalidades de la misma, dándose por entendido que dichos procedimientos fueron también efectuados en las pruebas siguientes.

- Conexión Local de un OTDR

Para esta prueba, se conectó el OTDR al ODF (Optical distributor frame) localizado en Quitocentro en las instalaciones de Andinatel para monitorear el enlace Quito - Latacunga. El diagrama de conexión es el siguiente:

Figura. 4.30 Diagrama de Conexión



Como se muestra en la figura 4.30, la conexión entre el OTDR y el ODF (Optical distributor frame) se realiza a través de un patchcord, el cual es un cable de bajas pérdidas que permite conectar uno de los 48 hilos de la fibra (que salen del ODF) al OTDR para realizar su respectivo análisis. El hilo escogido para tal efecto y en general para el monitoreo continuo de la red, fue el hilo No. 3; esta decisión se tomo de mutuo acuerdo con el personal de planta externa ya que al ser los hilos 1 y 2 los hilos encargadas de transportar todo el tráfico de la red, en caso de que se presentará alguna anomalía (ruptura de fibra) este iba a ser el hilo con mayor probabilidad de detección.

Con la conexión establecida, se procedió a la configuración de la herramienta (proceso descrito en el anexo " Manual de Instalación ") y se inició el proceso de monitoreo. Durante dichas acciones fue posible corroborar como el OTDR respondía de manera correcta a los "comandos" que la aplicación efectuaba. A continuación, se compararon los datos almacenados en la base de datos de la aplicación con los tomados por el OTDR, para posteriormente confrontar la traza del OTDR y la traza graficada por la herramienta.

Con la intención de corroborar la detección automática de las fallas, se decidió disminuir los umbrales de los eventos, con lo cual no hubo necesidad de realizar manipulaciones no deseadas en la fibra. Así, la aplicación mostró su capacidad de análisis respecto a las "eventuales" anomalías detectándolas con mucha precisión, emitiendo el sonido que permite alarmar al personal de gestión y enviando mensajes SMS (Short Message Service) a los e-mail configurados.

Finalmente, para examinar la generación de registros se realizaron ciertas modificaciones en la aplicación que implicaban la generación de los mismos cada hora,

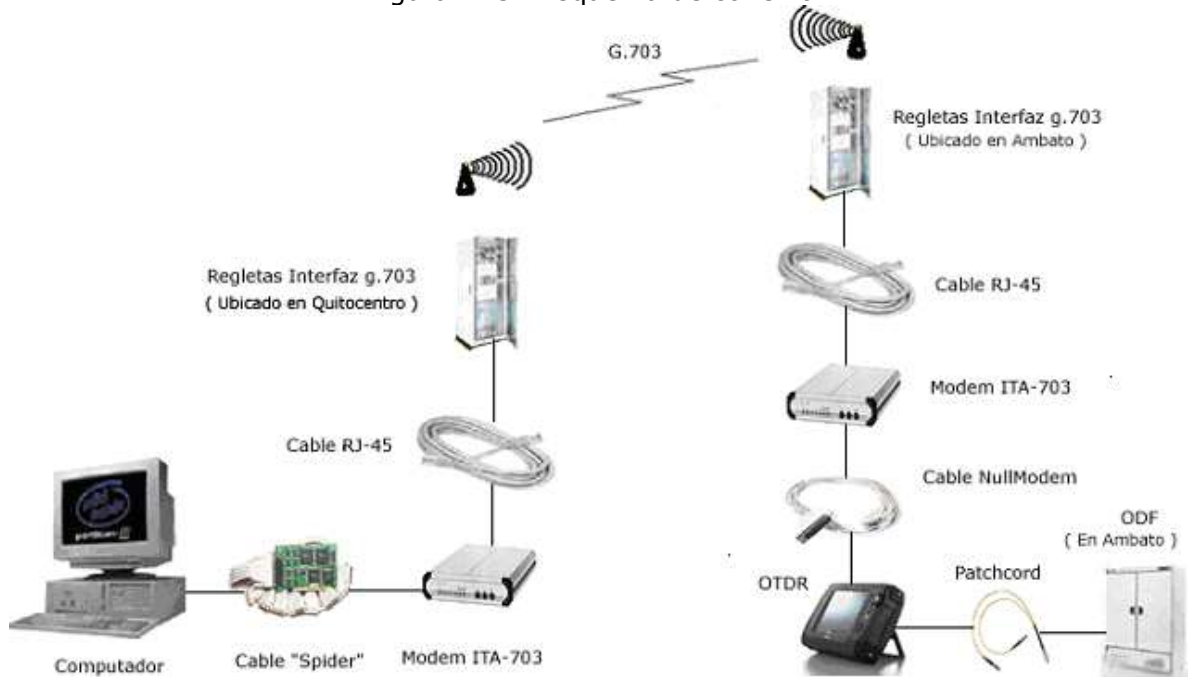
luego de lo cual se dejó funcionando la aplicación durante un día. Además, se pudo analizar la estabilidad que en ese instante presentaba la aplicación, al revisar el log generado por la aplicación en el cual se recogían elementos claves que permitían detectar problemas en los diferentes procesos.

- Conexión Remota de un OTDR

Una vez validada la aplicación localmente, se pensó en analizar el comportamiento de los canales de transmisión G.703 provistos para el intercambio de información remotamente, de tal forma que fuese posible analizar la confiabilidad del mismo y un elemento que desde un comienzo fue motivo de preocupación : el retardo.

Se realizó un viaje a las instalaciones de Andinatel localizadas en la ciudad de Ambato con la intención de ubicar uno de los OTDR's en dicha localidad.

Figura. 4.31 Esquema de conexión



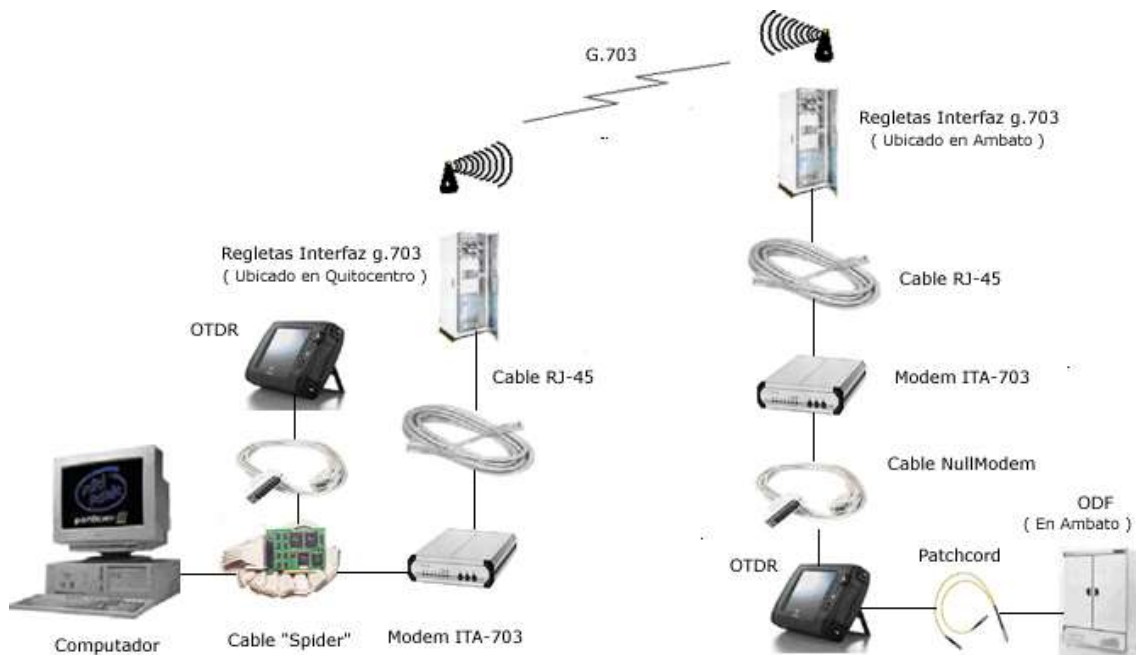
Inicialmente, se hizo uso nuevamente del Hyperterminal de Microsoft a través del cual se enviaron diferentes comandos para probar con ordenes simples el comportamiento del canal. Se aprovecho también para probar las configuraciones de sincronismo que proveía el MODEM utilizado, colocando en un comienzo al MODEM ubicado en Quitocentro como el maestro y al de Ambato como esclavo, pero llegando finalmente a la conclusión de que ambos deberían configurarse como esclavos puesto que es la red PCM la encargada de llevar el sincronismo.

Después de esto, se procedió a realizar las diferentes pruebas con la aplicación y constatar el tiempo requerido por las mismas. Se pudo notar entonces que el posible retardo debido al envío de la información era imperceptible.

- Conexión Local y Remota de OTDR´s

Esta prueba tuvo por objeto analizar el comportamiento de la aplicación con el otro posible tipo de configuración que puede manejar la misma. En ese orden de ideas, se adicióno a la prueba anterior un OTDR ubicado en Quitocentro para constituir la conexión local.

Figura. 4.32 Esquema de Conexión



Nuevamente se validan los procesos básicos de la aplicación y se puede asegurar el correcto funcionamiento de la misma en este tipo de configuración, ya que se temía por algún error en el momento de pasar de una conexión a la otra. Finalmente, se deja funcionando por unos días la aplicación para verificar su estabilidad.

- Pruebas de Validación

La validación del software se realiza en las acciones visibles para el usuario según los casos de usos. Para tal efecto, además de los procesos descritos para la verificación de las funcionalidades de la aplicación, se realizaron las siguientes revisiones a la aplicación:

- ✓ Aceptar solo valores permisibles para el IOR (índice de refracción) y el factor helicoidal.
- ✓ No permitir el ingreso de números en campos donde solo se reciben letras y viceversa.
- ✓ Exigir contraseñas con un mínimo de ocho (8) caracteres.
- ✓ Corroborar las direcciones e-mail ingresadas
- ✓ Confirmar el ingreso de la información necesaria para dar inicio a la aplicación.
- ✓ Validar el ingreso de información a la base de datos.
- ✓ Confrontar la traza generada por la aplicación con la generada con el OTDR.
- ✓ Realización de Backups y Restores.
- ✓ Actualización de la información.
- ✓ Colorear los botones de cada OTDR.
- ✓ Borrar alarmas.
- ✓ Registrar alarmas.
- ✓ Validación de opciones de usuarios.
- ✓ Validación de contraseñas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La fibra óptica es cada vez más el medio de transmisión físico con mayor acogida. Su capacidad de transportar grandes volúmenes de información a un bajo costo ha permitido complementar y en algunos casos, sustituir los sistemas de telecomunicaciones por radio. Sin embargo, es un medio muy vulnerable a fallas, por tal motivo, los sistemas de comunicaciones necesitan garantizar además de capacidad, seguridad y confiabilidad de transporte de información, por esto, se requiere de sistemas de gestión que permitan la administración, operación, configuración y mantenimiento de las redes en tiempo real.
- La gestión de las redes de comunicaciones juega un papel importante en la prestación de servicios de buena calidad y alta confiabilidad, por lo que adoptar un sistema de gestión para las redes ópticas en particular es una necesidad prioritaria, basada en la información que pueda recogerse de los equipos de monitoreo y medida, distribuidos en toda la red óptica.
- Fundamentada en los conocimientos de programación y gestión de redes, esta herramienta software contribuye a mejorar el alcance de estos conocimientos a nivel nacional e internacional. También permite una importante asimilación tecnológica que beneficia directamente al desarrollo tecnológico del país.
- Para el desarrollo de cualquier tipo de aplicación es indispensable asegurar la confiabilidad y coherencia de la información a manejar. De esta forma, al procesar información correcta, la aplicación debe asegurar la entrega de resultados también correctos, proporcionando de esta forma características de confiabilidad a la aplicación.
- Lograr un buen ambiente de trabajo facilita y permite una adecuada realización de los proyectos. Un caso particular lo constituyó el trabajo desarrollado con el personal de planta externa, el personal de gestión y el gerente del proyecto sin cuyo aporte no hubiese sido posible alcanzar los resultados obtenidos.
- La búsqueda continua de optimización de procesos permite encontrar soluciones innovadoras y aplicables a determinadas situaciones. Pensar en evolucionar el proceso de mantenimiento y prevención de la fibra hacia la centralización de toda la información para ser manejada por una aplicación capaz de procesarla, permite a la empresa contratada para tal efecto, realizar este procedimiento de una manera confiable, eficaz y rápida evitando de esta manera posibles repercusiones debidas principalmente a demoras en tiempos de respuesta.

- El OTDR (Optical Time Domain Reflectometer – Reflector Óptico en el dominio del tiempo) es un dispositivo de medición muy versátil utilizado para fibra óptica, el cual al enviar un pulso de luz a través de ella y medir posteriormente sus “ecos”, genera información concerniente al estado de la fibra. De esta manera, permite detectar posibles anomalías que puedan generarse en conectores o empalmes, así como obtener información de posibles rupturas o degradaciones de la fibra, indicando siempre la posición de las mismas.
- Es indispensable el fomentar las relaciones entre las empresas y la Universidad. El tener la oportunidad de realizar proyectos entre estos, genera vivencias que permiten dar a conocer todo el potencial humano que la institución educativa encierra, vivencias que fortalecen al estudiante desde todo punto de vista y donde la empresa obtiene como contraprestación el desarrollo de sus diferentes proyectos.
- Antes de iniciar a programar, es indispensable el generar un correcto modelado de la aplicación. La tendencia a omitir este proceso, retarda enormemente el desarrollo de dicho proceso, y a generar un código en el que las redundancias abundan y en el que los procesos definidos pueden ser poco óptimos. El visualizar, analizar y diseñar son componentes infaltables a la hora de desarrollar cualquier tipo de aplicación.

BIBLIOGRAFIA

www.uml.org

www.dcc.uchile.cl/~psalinas/uml/introduccion.html

www.creangel.com/uml/clases.php

www.cs.ualberta.ca/~pfiguero/soo/uml/

www.yio.com.ar/fo

www.ecs.soton.ac.uk/publications/rj/1994/ofg/geiger/geiger.html

www.tpub.com/content/construction/14027/css/14027_135.htm

www.jimhayes.com/OTDR/index.html

www.kingfisher.com.au/appnotes/A15.htm

www.ecmweb.com/ar/electric_comparing_premises_fiber/

www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2001/pdf/1096.pdf

www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2001/pdf/1409.pdf

documents.exfo.com/appnotes/anote026-ang.pdf

www.meos.com/PDF/ENP1315.pdf

www.rad.com/Article/0,6583,9736,00.html

ANRITZU CORPORATION. MW9076 Series Optical Time Domain Reflectometer Operation Manual. Tokio. Anritzu Corporation, 2002.

ANRITZU CORPORATION. MW9076 Series Optical Time Domain Reflectometer Serial Interface Operation Manual. Tokio. Anritzu Corporation, 2002.

ARTEAGA, Maria y ZAMBRANO, Amilkar. Monografía: Metodología de planeación e instalación de sistemas de comunicaciones basados en fibra óptica. Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Electrónica y telecomunicaciones. Departamento de Telecomunicaciones. 2000.

MAHLKE, Gunter y GOSSING, Meter. Conductores de fibra optica. España. Siemens Aktiengesellschaft, 1987.

ACRONIMOS

μm	Micrómetros
ACK	Acknowledge - Reconocido
ADM	Add-Drop Multiplexer STM-16
APC	Angled Physical Contact - Contacto Físico Angular
APD	Avalanche Photo Diode – Fotodiodo de Avalancha
ATM	Asynchronous Transfer Mode – Modo de Transferencia Asíncrona
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DB	Decibeles
DDF	Digital Distribution Frame – Bastidor de Distribución Digital
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing – Multiplexación por División de Longitud de Onda
FC/PC	Fiber Connector/Phisic Connector – Conector de Fibra/ Conector Físico
FDM	Frecuency Division Multiplexing – Multiplexación por División de Frecuencia
GBPS	Giga Bits Per Second - Giga Bits por Segundo
IR	Infrarrojas
ITU	Internacional Telecommunication Union – Unión Internacional de Telecomunicaciones
Java API	Java Application Programing Interface – Interfaz de Programación para una Aplicación Java

JVM	Java Virtual Machine – Máquina Virtual de Java
KBPS	Kilo Bits Per Second – Kilo Bits por Segundo
Km	Kilómetros
LAN	Local Area Network – Redes de Área Local
m	Metros
MPLS	Multiprotocol Label Switching – Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo
MSP	Multiplex Section Protection – Protección de Sección Múltiple
MTBF	Mean Time Between Failiures – Tiempo Medio Entre Fallas
NACK	Non Acknowledge – No reconocido
Nm	Nanómetros
ODF	Optical distributor frame – Bastidor Distribuidor Óptico
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer – Reflectometro Óptico en el Dominio del Tiempo
PCM	Pulse Code Modulation – Modulación de Pulsos Codificados
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy – Jerarquía Digital Plesiócrona
Po	Potencia incidente
PRC	Primary Reference Clock – Reloj de Referencia Primario
Ps	Potencia retrodifusa
SDH	Synchronous Digital Hierarchy – Jerarquía Digital Síncrona
SMA	Synchronous Digital ADM – ADM Digital Síncrono
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol – Protocolo de Tranferencia de Mail
SQL	Structured Query Language – Lenguaje de Solicitud Estructurado
SSU	Synchronization Supply Utility

TDM	Time Division Multiplexing – Multiplexación por División del Tiempo
TMN	Telecommunication Management Network – Red de Gestión de Telecomunicaciones
TNMS	Telecommunication Network Management System – Sistema de Gestión de una Red de Telecomunicaciones
UML	Unified Modeling Language – Lenguaje de Modelado Unificado
UV	Ultravioleta
WAN	Wide Area Network – Redes de Área Extensa
WDM	Wavelength Division Multiplexing