

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
GESTIÓN Y MONITOREO PARA UN ENLACE DWDM
PUNTO A PUNTO (RED SDH)**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Denis A, Oswaldo A.
Para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
GESTIÓN Y MONITOREO PARA UN ENLACE DWDM
PUNTO A PUNTO (RED SDH)**

Profesor Guía: Ing. María E. Alvarez
Tutor Industrial: Lic. Pedro Rojas

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Denis A, Oswaldo A.
Para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2005

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 15 de noviembre de 2005

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Denis A. Oswaldo A., titulado:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO PARA UN ENLACE DWDM PUNTO A PUNTO (RED SDH)”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Zeldivar Bruzual
Jurado

Prof. Franklyn Martínez
Jurado

Prof. María Álvarez
Prof. Guía



DEDICATORIA

Por darme salud, llenarme de paz, darme la mejor de las familias y rodearme de personas con la cual vale la pena compartir la vida... A Dios

Verlos es un regalo y tenerlos a mi lado una bendición, se que Dios existe porque los envió a ustedes como muestra de su amor por mi, son el más bello e incondicional regalo que la vida me ha dado, gracias por darle sentido a mi vida, darme sus consejos y apoyo, sin el cual definitivamente no estaría hoy aquí... A mis Padres... Oswaldo y Dinaisa.

Uno de los obsequios más hermosos que se le puede hacer a un ser humano, es hacerle comprender que confiamos en él, y que siempre estarán allí para lo bueno y lo malo... A ustedes hermanos de verdad los Amo... Daniel, Sergio y Valerio.

En especial a una persona que desde que entró en mi vida no ha hecho más que llenarla de luz y felicidad, no se que sería de mi vida sin una persona como tú en ella, gracias por estar siempre cuando te necesite, gracias por secar mis lágrimas, gracias por cada una de las arepas que me hiciste y apoyarme desde el comienzo de esta difícil carrera. A ti no solo están dedicadas las páginas de este trabajo sino toda mi carrera, sin ti no lo hubiese logrado... Te Amo... A mi Rabi... Tibusay Denis.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

A mis Padres y Hermanos por estar pendientes de mis pasos y darme el aliento necesario para no desmayar en la entrega de este trabajo.

A Tibisay Denis por su inmensa colaboración, aportar sus ideas y estar conmigo durante toda la carrera apoyándome.

A mi Tutor Industrial Tulio Sánchez por la cálida bienvenida, por la abierta aceptación en su Coordinación, por tenderme su mano y guiarme en esos primeros pasos de desempeño como pasante-tesista.

A mi Tutora Académica María Eugenia Alvarez por compartir conmigo sus conocimientos, guiarme en el camino a seguir en pro del progreso académico-profesional y por su infaltable asesoría.

A mis grandes amigos y compañeros Daniel Leguizamo y Víctor Contreras que estuvieron también ahí con toda la disposición para ayudarme y sacarme de aprietos.

Al Profesor Franklin Martínez por su apoyo y consejos para la elaboración del anteproyecto y por darme una lección que nunca olvidaré.

A la inigualable María por apoyarnos a todos en todo momento, facilitarnos las vías para entrar en este acto y ser un gran ejemplo de calidad humana.

A Rafael Quiroz, Ricardo Aldana, y Alejandro Paredes, quienes colocaron su granito de arena y no dejaron de apoyarme nunca en momentos difíciles.

Denis A., Oswaldo A.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO PARA UN ENLACE DWDM PUNTO A PUNTO (RED SDH)

Prof. Guía: Ing. María E. Alvarez. Tutor Industrial: Lic. Pedro Rojas. Tesis. Caracas. UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: CANTV, 2005, 92h + anexos.

Palabras Claves: SDH; DWDM; Gestión de Redes.

Resumen. Las redes digitales de banda ancha ofrecen servicios de transporte para diferentes tipos de tráfico a diferentes velocidades, usando como soporte un limitado número de enlaces de comunicaciones, de elevado ancho de banda. Con el crecimiento de la demanda de servicios y ancho de banda, surge la responsabilidad de satisfacer las necesidades de los clientes, utilizando las redes de fibra ya existentes. Desde hace ya algunos años con tecnologías como SDH (Synchronous Digital Hierarchy) se han cubierto las necesidades de servicios, suministrando a su vez protección y control de rendimiento; soportando diversos protocolos de tráfico. Con la llegada de las nuevas tecnologías WDM (Wavelength Division Multiplexing), escasean severamente las capacidades de protección y gestión, además surge la necesidad de monitorización constante del nuevo conjunto de elementos de red, introducidos por estas tecnologías. Ya que, la gestión de redes juega un papel de vital importancia dentro de las redes de transporte, ya que esta es la encargada de planificar, organizar, supervisar y controlar los elementos de comunicación, la empresa CANTV plantea el siguiente trabajo para diseñar e implementar un sistema de gestión y monitoreo que permita la supervisión constante de alarmas generadas en un enlace DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) punto a punto, y serán permanentemente monitoreadas por la red de gestión de los equipos SDH Ericsson AXD 620 - 2. Se diseñó e implementó un sistema basado en la comunicación entre el equipo DWDM Optera Metro 5200 y el equipo SDH AXD 620 - 2. Se desarrolló y configuró el hardware y software necesario para establecer dicha comunicación. Finalmente, como una presentación de producto final se llevaron a cabo las pruebas respectivas que confirman la comunicación entre equipos y el buen funcionamiento del sistema implementado.

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ACRÓNIMOS.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
Objetivos Específicos	4
1 CAPÍTULO I.....	6
1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE SDH.....	6
1.1.1 Introducción a los Conceptos de SDH	6
1.1.2 ¿Qué es SDH?	7
1.1.3 Ventajas de SDH	9
1.1.4 Desventajas de SDH.....	10
1.1.5 Trama Básica de SDH.	11
1.1.6 Estructura de Trama de Orden Superior.....	19
1.2 DWDM.....	20
1.2.1 Introducción a DWDM.....	20
1.2.2 Componentes de un sistema DWDM.....	21
1.2.3 Aplicaciones.....	24
2 CAPÍTULO II	27
2.1 Gestión de Redes SDH Basada en TMN.....	27

2.1.1	Introducción a la Gestión de Redes SDH.....	27
2.1.2	Componentes de la Gestión SDH.	29
2.1.3	Software de Aplicación.	41
3	CAPÍTULO III	44
3.1	Estudio y Descripción de Equipos	44
3.1.1	Multiplexor Digital Síncrono AXD 620 – 2.....	44
3.1.2	Multiplexor DWDM ADM Optera Metro 5200.....	47
3.2	Gestión de equipos	52
3.2.1	Centro de Operaciones de la Red (COR).....	52
4	CAPÍTULO IV	56
4.1	Marco Metodológico	56
4.1.1	Panorama del Sistema	56
5	CAPÍTULO V	63
5.1	Desarrollo del Proyecto	63
5.1.1	Establecimiento de Unidades Involucradas.....	63
5.1.2	Determinación de los requerimientos de Hardware y Software.....	70
5.1.3	Establecimiento y Configuración de Alarmas.....	75
5.1.4	Implementación del Sistema	84
5.1.5	Pruebas de Comprobación.....	86
	CONCLUSIONES	88
	RECOMENDACIONES	89
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	BIBLIOGRAFÍA.....	91
	ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1. TRAMA BÁSICA STM-1	12
FIGURA 1-2. TRAMA BÁSICA STM-1 COMPLETADA	15
FIGURA 1-3. ESTRUCTURA BÁSICA DE MULTIPLEXACIÓN	18
FIGURA 1-4. MULTIPLEXAJE POR INTERCALACIÓN DE OCTETOS	19
FIGURA 1-5. SISTEMA ÓPTICO TRADICIONAL.....	20
FIGURA 1-6. DSITINTAS LONGITUDES DE ONDA POR UNA SOLA FIBRA.....	21
FIGURA 1-7. ARQUITECTURA DE UN ENLACE DWDM	22
FIGURA 1-8. ADM ÓPTICO.....	23
FIGURA 1-9. ENLACE DWDM PUNTO A PUNTO	24
FIGURA 2-1. ESTRUCTURA DE ENLACE PARA GESTIÓN DE EQUIPOS SDH.....	30
FIGURA 2-2. COMPONENTES DE UNA RED DE GESTIÓN SDH	34
FIGURA 2-3. DIAGRAMA DE CAPAS PARA LA RED DE GESTIÓN SDH	40
FIGURA 3-1. EQUIPO OPTERA METRO 5200	48
FIGURA 3-2. ESTRUCTURA CON 2 NODOS	51
FIGURA 3-3. ESTRUCTURA CON 3 NODOS	51
FIGURA 3-4. ELEMENT MANAGEMENT	53
FIGURA 3-5. VISTA DE UN EQUIPO SDH EN EL EM.....	54
FIGURA 3-6. PANEL DE ALARMAS DEL NM.....	55
FIGURA 4-1. ESQUEMA DE GESTIÓN DEL ENLACE DWDM.....	58
FIGURA 4-2. DIAGRAMA DEL ANILLO SDH RUFO 1	60
FIGURA 4-3. DIAGRAMA DE RUTAS DEL ENLACE DWDM.....	61
FIGURA 5-1. VISTA DE UN BASTIDOR AXD 620-2.....	64
FIGURA 5-2. UBICACIÓN DE LA UNIDAD DE EXTENSIÓN DE ALARMAS Y EOW.....	71
FIGURA 5-3. DESCRIPCIÓN DE LOS TERMINALES DEL CONECTOR DE TELESEÑAL...	72
FIGURA 5-4. ENTRADA ELECTRÓNICA CONTACTO A TIERRA	72
FIGURA 5-5. CONEXIÓN REMOTA CON EL AXD	78
FIGURA 5-6. UBICACIÓN DE LA REGIÓN DEL ANILLO EN EL ETNA	79

FIGURA 5-7. DISPOSICIÓN DE LA UNIDAD DE EXTENSIÓN DE ALARMAS Y EOW EN EL EM	80
FIGURA 5-8. UBICACIÓN DE LA HOUSEKEEPING.....	85
FIGURA 5-9. DIAGRAMA DE CONEXIONES ENTRE INTERFACES	85
FIGURA 5-10. DISPOSICIÓN DEL CABLEADO EN LA COTEL CARD.....	86
FIGURA 5-11. VISUALIZACIÓN DE ALARMAS GENERADAS EN LAS PRUEBAS.....	87
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 VELOCIDADES DE LOS MÓDULOS DE TRANSFERENCIA SÍNCRONA SDH....	8
TABLA 1.2 . CARACTERÍSTICAS DE LA TRAMA BÁSICA STM-1.....	11
TABLA 2.1. COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS DE GESTIÓN PDH Y SDH	27
TABLA 5.1. TERMINALES DISPONIBLES PARA CONTACTOS A TIERRA EXTERNOS....	66
TABLA 5.2. DISPOSICIÓN DE LOS TERMINALES DE LA COTEL CARD	77
TABLA 5.3. ASIGNACIÓN DE ALARMAS A LOS TERMINALES DEL CONECTOR DE TELESEÑALES	81
TABLA 5.4. FIJACIÓN DE TASA SESR.....	83
TABLA 5.5. ASIGNACIÓN DE ALARMAS A LOS TERMINALES DE LA COTEL CARD....	84

ACRÓNIMOS

ADM	Add Drop Multiplexer
AIS	Alarm Indication Signal
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AU	Administrative Unit
AUG	Administrative Unit Group
AWG	American Wire Gauge
BML	Business Management Layer
Bps	Bits per Second
C	Container
CANTV	Compañía Anónima Nacional Telecomunicaciones de Venezuela
COR	Centro de Operaciones de la Red
CWDM	Course Wavelength Division Multiplexing
DCC	Data Communication Channel
DCE	Data Communications Equipment
DDF	Digital Distribution Frame
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
DXC	Digital Cross Connector
EDFA	Erbium Doped Fiber Amplifiers
EM	Element Management
EXC	Electrical Cross Connect
GB	Gigabyte
Gbps	Gigabits per second
IP	Internet Protocol
KBps	Kilobytes per second
LAN	Local Area Network
LOS	Loss of Signal

LOF	Loss of Frame
MAN	Metropolitan Area Network
Mbps	Megabits per second
MSOH	Multiplexer Section Over Head
MUX	Multiplexer
NE	Network Element
NM	Network Management
nm	Nanómetros
OADM	Optical Add – Drop Multiplexer
OC	Optical Channel
OCI	Optical Channel Interface
OCLD	Optical Channel Laser and detector Circuit Pack
OCM	Optical Channel Manager
OFA	Optical Fiber Amplifier
OMX	Optical Multiplexer
OTN	Optical Transport Network
OXC	Optical Cross Connect
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
POH	Path Over Head
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RS	Regeneration Section
RSOH	Regenerator Section Over Head
SESR	Severely Errored Second Ratio
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SNMP	Simple Network Management Protocol
SONET	Synchronous Optical Network
SOH	Section Over Head
SP	Shelf Processor

STM	Synchronous Transfer Module
TDM	Time Division Multiplexing
TMN	Telecommunication Management Network
TU	Tributary Unit
TUG	Tributary Unit Group
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Telefonía
VC	Virtual Container
WAN	Wide Area Network
WDM	Wave Division Multiplexing

INTRODUCCIÓN

Las empresas operadoras de telecomunicaciones requieren una red de transmisión, cuya función es interconectar sus diferentes elementos de red. Una red de transmisión proporciona conectividad a nivel de capa física, mientras que en las redes de transporte la conectividad es a nivel de capas más altas. En la telefonía de Europa la transmisión es básicamente SDH y PDH y sobre ella se apoyan redes de transporte de circuitos troncales ATM y varias redes en IP. En Venezuela se maneja la tecnología telefónica europea.

Las redes digitales de banda ancha ofrecen servicios de transporte para diferentes tipos de tráfico a diferentes velocidades, usando como soporte un limitado número de enlaces de comunicaciones, de elevado ancho de banda. Tradicionalmente las redes digitales se basaban en la multiplexación estática en el tiempo (TDM). Los nuevos tipos de datos, aplicaciones y requerimiento de servicios, motivaron al desarrollo de una nueva tecnología que permitiera ofrecer el alto nivel demandado; definiendo así una nueva generación tecnológica con redes ATM e IP.

Con el crecimiento de la demanda de servicios y ancho de banda, surge la responsabilidad de satisfacer las necesidades de los clientes, utilizando las redes de fibra ya existentes, logrando así mantener bajos costos.

Desde la década de los 80 SONET/SDH ha cubierto las necesidades de servicios, suministrando a su vez protección y control de rendimiento; soportando diversos protocolos de tráfico. Con la llegada de las nuevas tecnologías WDM (Wavelength Division Multiplexing), escasean severamente las capacidades de protección y gestión, además surge la necesidad de monitorización constante del nuevo conjunto de elementos de red, introducidos por estas tecnologías.

Es aquí donde juega un papel importante la gestión de redes, encargada de planificar, organizar, supervisar y controlar los elementos de comunicación, garantizando un adecuado nivel de servicio; mejorando la disponibilidad y el rendimiento de los elementos del sistema, incrementando su efectividad. Tomando

en cuenta que los equipos que constituyen las redes son de distintos fabricantes, se ameritan sistemas de gestión con estándares abiertos a fin de compatibilizar protocolos de información, es así como observamos protocolos de gestión SNMP o el CMIP.

Entre las recomendaciones de gestión de redes, se puede mencionar la más importante, la UIT-T, que define la red de gestión de telecomunicaciones (TMN), donde se observa cinco áreas funcionales, que son: supervisión y fallos, configuración, tarificación, prestaciones y seguridad.

Cabe destacar, que la OTN (Optical Transport Network) (UIT-T g.709) combina los beneficios de la tecnología de SONET/SDH con el aumento del ancho de banda de DWDM, es decir, aplica la funcionalidad de la operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento (OAM&P) del SONET/SDH a las redes ópticas DWDM. Para la gestión de redes, es conveniente distinguir ciertos aspectos importantes, tales como: monitorización, control y gestión de una red. La monitorización, designa el tipo de acciones consistentes en obtener información de la red, a fin de detectar anomalías. Para el control, se establece una señalización o plano en toda la red, que se ocupa de regular activamente las comunicaciones y en general el tráfico de la red. En cuanto a la gestión, se define a partir del plano de gestión que integra las redes más avanzadas como RDSI, GSM, entre otras.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un principio las redes no fueron diseñadas ni planeadas para soportar el crecimiento de la demanda actual de las comunicaciones, con el pasar del tiempo esta demanda se ha ido incrementando desmesuradamente, por lo que, han surgido tecnologías, protocolos y estándares que se vislumbran como la solución a esta creciente demanda. Entre éstas tecnologías se encuentra la multiplexación por división de longitud de onda, mejor conocida por sus siglas en inglés WDM, en la que muchas señales pueden ser transmitidas simultáneamente por una sola fibra, posteriormente nace la multiplexación densa por división de longitud de onda (DWDM), logrando la coexistencia de un gran número de servicios y multitud de longitudes de onda en una misma fibra.

La empresa de Telecomunicaciones CANTV, posee una demanda de usuarios que ha ido creciendo vertiginosamente con el tiempo, en ella se han ido implementando sistemas con los cuales se pueden aumentar la eficiencia y capacidad de los servicios, aunado a la creación de sistemas de protección, automatización y control del sistema de transmisión.

Actualmente un sistema DWDM ha sido instalado para atender al cliente Premium Banco Mercantil, el cual consiste en un enlace punto a punto que va desde la sede del Banco Mercantil ubicada en la Av. Andrés Bello hasta la sede de IBM en Chuao. Dicho enlace consta de una red de gestión instalada que se encarga de supervisar y controlar los elementos de comunicación del enlace, garantizando un adecuado nivel de servicio; mejorando la disponibilidad y el rendimiento de los elementos del mismo, incrementando su efectividad. Esta red de gestión es básicamente una red IP, y como es de esperarse, el protocolo de comunicaciones utilizado por esta red es el protocolo IP, no siendo este el protocolo más óptimo si lo que se desea es una supervisión y monitoreo permanente de los elementos y estado del enlace en general, ya que, implicaría mantener una dirección IP constantemente ocupada con tráfico que realmente no aportaría información alguna a menos que sucediese alguno de los eventos que

disparan las alarmas de los equipos y del enlace en general, lo cual no ocurre con mucha frecuencia.

Es por esto, que la CANTV y específicamente la Coordinación de Transmisión Urbana, siendo esta última la encargada de la operación y mantenimiento de los equipos de transmisión y de resolver inconvenientes de los mismos en el menor tiempo posible, consideran que la realización de este trabajo servirá como herramienta para mantener una supervisión permanente del enlace DWDM y de los elementos de comunicación que lo conforman, lo que contribuirá a una detección inmediata de inconvenientes en dicho enlace y se podrán bajar los tiempos de respuesta de las cuadrillas de técnicos encargadas de solucionar estos inconvenientes y alarmas en el menor tiempo posible.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de gestión y monitoreo para el enlace de interconexión punto a punto DWDM (Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda) en CANTV, mediante la comunicación entre los elementos de transmisión del enlace y los equipos pertenecientes al anillo SDH RUFO 1 de Transmisión Urbana, para lograr una supervisión permanente del estado del enlace DWDM y así bajar los tiempos de respuesta de las cuadrillas de técnicos ante inconvenientes y estados de alerta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Establecer y definir las unidades involucradas que operarán y tendrán acceso al Sistema de Gestión y monitoreo.
- ✓ Determinar los requerimientos de hardware y software para el diseño del Sistema de gestión y monitoreo, por el cual se enlazarán el equipo DWDM con el SDH Ericsson AXD – 620 - 2.
- ✓ Diseñar el Sistema de gestión y monitoreo, mediante la inserción de señales de alarma generadas por los equipos DWDM Optera Metro 5200

en los equipos de transmisión AXD 620-2 del anillo SDH RUFO 1 de transmisión Urbana.

- ✓ Definir enrutamiento en la plataforma de gestión SDH, para la transmisión de estas alarmas desde el enlace DWDM hasta el Centro de Operaciones de la Red (COR) donde serán monitoreadas.
- ✓ Implementar el sistema de gestión y monitoreo, realizar las pruebas respectivas para verificar el buen funcionamiento del sistema, produciendo alarmas reales y de esta forma verificar la efectividad del sistema, y efectuar ajustes finales en caso que así se requiera.

1 CAPÍTULO I

1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE SDH

1.1.1 INTRODUCCIÓN A LOS CONCEPTOS DE SDH

SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) comenzó como un estándar internacional para las redes de telecomunicación óptica síncrona de alta velocidad, debido a la necesidad de proporcionar a los operadores una red flexible y económica así como adoptar una plataforma de transporte para nuevas tecnologías que requieren de un medio más rápido y seguro.

Los estándares para SDH comenzaron con el Grupo de Estudio XVIII del CCITT en Junio de 1985, teniendo como objetivo producir una norma internacional para los sistemas de transmisión síncrona, aprobando en noviembre de 1988 los primeros estándares G.707, G.708 y G.709 para SDH. Estos definen las velocidades de transmisión, el formato de señal, estructuras de multiplexación y mapas de tributarios para la Interfaz de Nodo de Redes (NNI: *Network Network Interface*) interfaz internacional para SDH.

Además de definir los estándares que abarcan la NNI, el ITU-TSS (*Internacional Communications Union-Telecommunication Standardization Section*) también elaboró otro grupo que gobiernan la operación de los multiplexores síncronos (G.781, G.782 y G.783) y la administración de red SDH (G.784). La estandarización de estos aspectos del equipo SDH es la que dará la flexibilidad requerida por operadores de redes para una administración más costo-efectiva, para un crecimiento en el ancho de banda y proporcionar nuevos servicios a los clientes.

Los sistemas de transmisión síncronos han sido desarrollados de modo que los operadores puedan desplegar redes flexibles y resistentes. La inserción y extracción de canales puede ser realizada en un simple multiplexor. La provisión de la capacidad de gestión de la red es definida en el estándar. De hecho, un gran esfuerzo de concordia ha tenido lugar en el desarrollo de SDH. La oportunidad de definir este conjunto de estándares ha sido usado para dirigir una buena cantidad

de otros problemas. Por ejemplo, la necesidad de definir interfaces estándar entre equipamientos de diferentes fabricantes y la necesidad de facilitar interconexión de redes entre jerarquías de transmisión a nivel mundial.

1.1.2 ¿QUÉ ES SDH?

La Jerarquía Digital Síncrona es una técnica de transmisión basada fundamentalmente en un método de multiplexación por octetos formando una estructura de tributarios síncronos. Esta nueva jerarquía involucra distintos aspectos, entre ellos tenemos, la estructura de la trama; la topología de la red de transporte; el equipamiento utilizado y la gestión de la red.

La transmisión de la información se realiza por medio de módulos de transporte síncronos (STM: *Synchronous Transfer Mode*) siendo su nivel básico el módulo STM-1 cuya velocidad de transmisión es de 155.52 Mbit/s, insertando cada trama en un intervalo de tiempo de 125 μ seg; mientras que los niveles de orden superior son múltiplos del básico y se ensamblan por un proceso de intercalación de octetos entrelazados que se explicará más adelante.

Las recomendaciones también definen una estructura de multiplexación donde una señal STM-1 puede portar un número de señales de menor tasa de transmisión formando parte de su carga útil. Las señales existentes PDH pueden ser portadas sobre la red SDH como carga útil.

Los estándares SDH se basan en principios de multiplexaje síncrono directo, que son claves para una red de telecomunicación costo-efectiva y flexible. En esencia, significa que las señales tributarias individuales pueden multiplexarse directamente en un rango más alto de señal SDH, sin etapas intermedias de multiplexaje. Los elementos de red SDH, tales como multiplexores, regeneradores y transconectores, que pueden entonces interconectarse directamente con los concebidos ahorros en costo y equipo por encima de las redes ya existentes.

La señal SDH es capaz de transportar todas las señales tributarias comunes existentes en las redes de telecomunicaciones. Además, SDH tiene la flexibilidad para acomodar rápidamente nuevos tipos de señales de servicio al cliente, que los operadores de redes deseen soportar en el futuro.

La Jerarquía Digital Síncrona está diseñada para reducir la complejidad, el costo y el número de sistemas de transmisión en la red pública y privada. La estructura de la trama está concebida en forma modular, es decir, niveles jerárquicos de transmisión llamados Módulos de Transferencia Síncrona (*STM-n: Synchronous Transfer Mode, level n*), de manera de poder llegar a velocidades superiores a medida que lo permitan los avances tecnológicos y las necesidades futuras de la red.

En la siguiente tabla se muestran los niveles actualmente utilizados.

TABLA 1.1 VELOCIDADES DE LOS MÓDULOS DE TRANSFERENCIA SÍNCRONA SDH

Nivel SDH STM-n	Velocidad (Mb/s)
n=1	155,52
n=4	622,08
n=16	2488,32
n=64	9953,28

La técnica de intercalación de octetos en SDH permite:

- Ubicar directamente un canal en la trama.
- Bifurcar directamente los canales mediante equipos de inserción/extracción o de transconexión digital.
- Determinar rápida y certeramente la ubicación de la falla por medio del agregado de cabeceras o encabezamientos de la información a transmitir.

La estructura flexible de tramas de esta jerarquía permite transportar señales síncronas y plesiócronas, para así facilitar la implementación de nuevas tecnologías sobre la red existente.

1.1.2.1 Terminales de Línea

Es el tipo de elemento de red SDH más simple. Éste implementará únicamente la terminación de línea y la función de multiplexión, de modo que su utilización es típica en configuraciones punto a punto. Algunos flujos tributarios serán combinados en el terminal de línea para generar un flujo agregado de mayor velocidad y esto será transmitido a un enlace óptico. Se requiere de elementos de

red en los dos puntos finales de este enlace y una conexión fija de circuitos de cliente es establecida entre estos dos puntos terminales.

1.1.2.2 Tributarios

Un tributario es un flujo de tráfico el cual es combinado con otros flujos tributarios mediante la función de multiplexación para dar lugar a un menor número de flujos de tráfico salientes. Los tributarios de un elemento de red **SDH** son las interfaces de tráfico en la red **SDH**. Estos elementos de red soportan diferentes tipos de tributario no **SDH** permitiendo el transporte eficiente de tráficos de diversos orígenes. Por ejemplo en capas inferiores o de acceso a la red, un elemento de red puede aceptar alguno de los siguientes tráficos tributarios para portarlos directamente en su estructura de trama:

- Interfaces de tráfico **PDH**, tales como 2 Mbit/s, 34 Mbit/s, y 140 Mbit/s.
- Interfaces de voz analógicos.
- Interfaces Ethernet que toman datos IP o datos provenientes de LAN.
- Interfaces RDSI/ADSL

1.1.3 VENTAJAS DE SDH

- *Simplificación de red*

Es uno de los grandes beneficios que presenta la jerarquía SDH si se compara con las redes basadas exclusivamente en PDH. Los equipos multiplexores que se utilizaban interconectados en cascada en PDH, se sustituyen por un único multiplexor SDH con capacidades de incorporar tráfico básico de 2 Mbit/s en cualquier nivel de la jerarquía; todo ello permite la reducción de las necesidades de equipamiento de la red.

- *Menos interfaces de transmisión*

La interfaz de línea se encuentra estandarizada, encontrando equipos con interfaces eléctricas y ópticas. Todo este proceso de estandarización, además de la integración de funciones, trae consigo ventajas de tipo económico, ya que los equipos de transmisión reducen

sus costos. Como consecuencia del proceso de normalización de las interfaces de líneas eléctricas y ópticas de SDH, será posible interconectar y gestionar equipos suministrados por distintos proveedores. Esto constituye una de las ventajas más fuertes frente a la PDH.

- *Posibilidad de transportar y mezclar señales PDH en un único STM-1*

Las tramas tributarias pueden ser subdivididas según esquemas muy definidos para acomodar cargas plesiócronas o acomodar unidades tributarias de menor orden. Esta flexibilidad permite mezclar señales de jerarquías distintas en un módulo básico STM-1.

- *Diseño de redes flexibles*

El procesamiento simplificado permite el montaje de redes flexibles, con el uso de nodos ADMs (*Add/Drop Multiplexer*), que están en capacidad de copiar, hacia y desde la señal de línea una o varias señales tributarias o copiar tributarias de una señal hacia otras señales de línea, realizando una matriz temporal de conmutación de contenedores virtuales, mediante DXCs (*Digital Cross Connect*).

1.1.4 DESVENTAJAS DE SDH

- *Existen ciertas incompatibilidades con las redes PDH*

Muchas de las actuales redes PDH ya poseen cierta flexibilidad debido al uso de transconectores digitales, los cuales no son completamente compatibles con los equipos SDH.

- *Es preciso disponer de una estrategia de evolución de PDH a SDH*

Planear una red flexible SDH es muy distinto a planear una red PDH. Los enlaces en SDH son generalmente de alta velocidad, lo que involucra consideraciones especiales en cuanto a la escogencia del medio de transmisión y las interfaces adecuadas. Los trayectos de un sistema SDH son flexibles, pero esa flexibilidad sólo funciona

correctamente con un buen sistema de gestión y esto es muy difícil evaluarlo sin la debida experiencia.

1.1.5 TRAMA BÁSICA DE SDH.

El módulo STM-1 que se ha descrito como el nivel base de las capacidades de transporte SDH, abarca un encabezado de sección y un contenedor virtual. Esta trama básica STM-1 se construye en forma de matriz para dar una mejor idea del contenido de la misma y consta de 9 filas por 270 columnas, cada una leída de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, presentando las siguientes características:

TABLA 1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA TRAMA BÁSICA STM-1

Longitud	2430 octetos (9 x 270)
Duración	125 μ seg
Velocidad	155.52 Mb/s
Capacidad Efectiva	2349 octetos (9 x 261)

Debido a que la tasa de trama es de 8000 ciclos por segundo, su velocidad binaria será: $19440 \text{ bits} \times 8000. 1/\text{s} = 155520 \text{ kbit/s}$. A 8000 tramas/s, cada octeto de la estructura de la señal SDH representa un ancho de banda de canal de 64 kbit/s, es decir, $8 \text{ bits/octeto} \times 8000 \text{ octeto/s} = 64 \text{ kbit/s}$. Se trata de la misma tasa de transmisión que la de un canal de voz.

Las señales de línea de velocidades superiores son sincronas entre sí, están en fase y son generadas localmente en cada nodo de red por simple multiplexación octeto a octeto; este hecho facilita la estandarización de interfaces y equipos con la consecuente reducción de costos operativos.



Figura 1.1 Trama básica STM-1

1.1.5.1 Bloques de Construcción

➤ Contenedor (C Container):

Un contenedor es una unidad de capacidad de carga útil bien definida, dimensionada para transportar cualquiera de los niveles jerárquicos digitales. Este está formado por los bits de información de una señal PDH la cual será empaquetada dentro del contenedor. Existen diferentes tipos de contenedores, cada uno de los cuales corresponde con una señal PDH de diferente tasa de transmisión.

El contenedor C-4 (figura 1.2) abarca 2340 octetos, estructurados como 260 columnas de 9 octetos cada una. Estos octetos proporcionan una capacidad de transporte de 149.76 Mbit/s con una tasa de repetición de trama de 8000 Hz. Esta capacidad se ha diseñado específicamente para acomodar el transporte de una señal tributaria de 140 Mbit/s. Existen distintos contenedores que varían su capacidad en función de las velocidades de las señales a ser transmitidas por la red SDH.

➤ Contenedor Virtual (VC: Virtual Container)

Un Contenedor virtual (VC) está formado por la carga útil de información más un encabezamiento o cabecera que contiene información del sistema. Ambos campos de información están organizados en una estructura de trama.

Los contenedores y los contenedores virtuales se identifican por Cij y VCij respectivamente; donde “i” representa la cifra que indica la multiplexación a la que un contenedor o un contenedor virtual pertenece y “j” representa la cifra que indica la velocidad de bits base del nivel en cuestión.

Hay diferentes tipos de contenedores virtuales (VC). Un VC-12 es construido de un contenedor C-12, el cual contiene una señal PDH de 2 Mbit/s. Un VC-3 porta un contenedor C-3 que contiene una señal PDH de 34 Mbit/s y un VC-4 porta una señal PDH de 140 Mbit/s en un contenedor C-4. Un contenedor virtual puede contener otros contenedores virtuales, proceso que denotamos como anidamiento. Por ejemplo un VC-4 puede ser conformado con 63 VC-12. Esto simplifica el transporte y gestión de estas señales a través de la red.

➤ Apuntador

Es un indicador cuyo valor define el desplazamiento de la trama de un contenedor virtual con respecto a la referencia de la trama de la entidad de transporte sobre la cual se soporta. Ocupan la fila 4, desde la columna 1 a la 9. Son secuencias de octetos cuya función es identificar las posiciones de comienzo de los tributarios contenidos en la carga útil (Payload).

➤ Unidad Tributaria (TU: Tributary Unit) y Grupo de Unidades Tributarias (TUG: Tributary Unit Group)

Está formada por una carga útil de información (el contenedor virtual de menor orden) y por un puntero de unidad de afluente, el cual indica el desplazamiento del comienzo de la trama de carga útil relativo al comienzo de la trama del contenedor virtual de mayor orden.

La unidad de afluente TU-n (n=1,2,3) está formada por un contenedor virtual de orden "n" junto con un puntero TU.

Una o más unidades de afluentes TU's que ocupan posiciones fijas y definidas dentro de la carga útil de un contenedor virtual VC de mayor orden se denomina grupo de unidad de afluente (TUG). Los TUG's se definen de manera tal que pueden construirse las cargas útiles de capacidad mezclada formadas por unidades de afluentes de tamaño diferente para incrementar la flexibilidad de la red de transporte.

➤ Unidad Administrativa (AU: Administrative Unit) y Grupo de Unidades Administrativas (AUG: Administrative Unit Group)

Una AU es la estructura de información que provee adaptación entre la capa de trayecto de mayor orden y la capa de sección. Está formada por una carga útil de información (el contenedor virtual de mayor orden VC) y de un puntero AU, el cual indica el desplazamiento del comienzo de la trama de carga útil relativo al comienzo de la trama de sección de multiplexación.

➤ Cabecera de Sección (SOH: Section Overhead)

La cabecera de sección de una señal de línea en SDH contiene 81 octetos por trama para cada señal STM-1. El encabezamiento de cada STM-1 se transmite mezclado con el área de carga útil: 9 octetos de la cabecera de sección son seguidos de 261 octetos el área de carga útil y así se repite la transmisión hasta completarse la trama. La SOH está dividida en dos tipos de cabeceras: la de **sección de regeneración** (que ocupa los primeros 27 octetos y la cual tiene acceso a los regeneradores de línea) en las que se encuentran funciones como señales de alineamiento de trama, control de errores, canal de error de usuario, presenta un canal exclusivo de voz y otro de datos, y la de **sección de multiplexación**, (que ocupan 45 octetos) en la que se encuentran las funciones de detección de errores, conmutación automática de protección, estatus de sincronía y canales digitales de servicio; sin embargo, solo tiene capacidad de lectura.

La capacidad de la cabecera de sección se añade a una AU-4 o a un conjunto de AU-3 para crear un STM-1. El contenido de SOH incluye siempre la función de alineación de trama, así como también monitorización de la calidad de funcionamiento de la sección y otras funciones de mantenimiento y operacionales que pueden añadirse o modificarse sin desensamblar el STM-1.

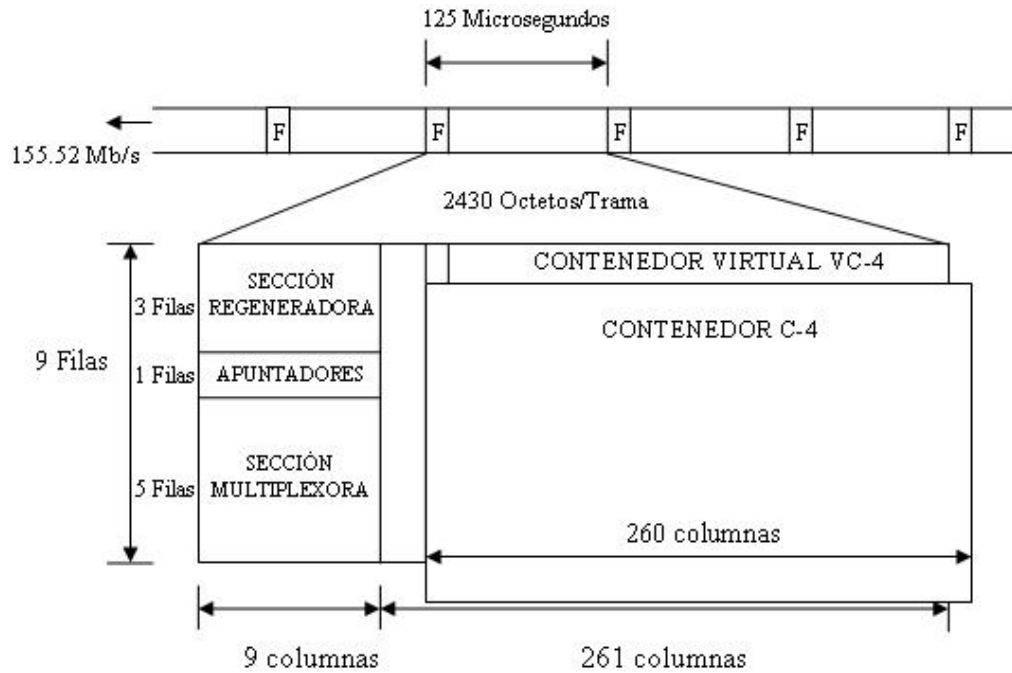


Figura 1.2 Trama básica STM-1 complementada

Los bytes de la cabecera de sección (SOH) son usados para la comunicación entre elementos adyacentes de equipos síncronos. De este modo, además de ser utilizados para la sincronización de trama, también realizan una gran variedad de facilidades de gestión y administración.

Esta estructura de cabecera de sección STM-1 se detalla a continuación:

- **A1, A2**: Enganche de trama.
- **J0**: Traza de la sección de regeneración.
- **D1 a D12**: Los bytes D1 a D3 forman un canal de comunicación de datos de 192 Kbps para la sección de regeneración. Los bytes D4 a D12 forman un canal de comunicación de datos para la sección de multiplexación. El uso de ambos canales de comunicación es para gestión de red.
- **E1, E2**: Canales de instaladores. Empleado para comunicaciones directas entre nodos de equipos.
- **F1**: Canales para usuario.
- **B1, B2**: Estos bytes son comprobaciones de paridad simple para detección de errores.

- **K1, K2 (bit1 a bit5)**: Canal dedicado a la conmutación de protección automática.
- **K2 (bit6 s bit8)**: Indicador de RDI para la sección de multiplexación.
- **S1 (bit5 a bit8)**: Indicador de estatus de sincronización.
- **M1**: Indicador de REI para la sección de multiplexación.
- **Z1, Z2**: Aún por definir, sin uso.

➤ Cabecera de Trayecto (POH: Path Overhead)

La cabecera de trayecto permite la comunicación entre el punto de ensamblado de un contenedor virtual y su punto de desensamblado. Se han identificado dos categorías de cabecera de trayecto en un contenedor virtual:

○ Cabecera de Trayecto de Contenedor Virtual Básico (VC-12)

El POH de contenedor virtual básico se añade al contenedor (C-12) cuando se crea su respectivo VC-12. Entre las funciones de esta cabecera cabe citar la monitorización de la calidad de funcionamiento del trayecto del contenedor virtual, las señales para fines de mantenimiento y las indicaciones de estado de las alarmas.

La cabecera de trayecto para los VC-11/VC-12 recoge los bytes V5, J2, Z6 y Z7. El byte V5 es el octeto posicionado al inicio del contenedor virtual.

○ Cabecera de Trayecto de Contenedor Virtual de Orden Superior (VC-3,4)

El POH de un VC-3 se añade a un conjunto de varios TUG-2 o a un C-3 para formar un VC-3. Las funciones que cumple son similares al POH básico, pero ahora de orden superior, además contiene indicaciones de estructura de multiplexora. La cabecera de camino para contenedores **VC-4** está ubicada en la primera columna de las nueve filas por las 261 columnas de la estructura **VC-4**. Para los **VC-3**, la cabecera de camino está colocada en la primera columna de las nueve filas para la estructura de 85 columnas.

1.1.5.2 Estructura Básica de Multiplexación

Los espacios de carga para los tributarios son constituidos por varios octetos intercalados en la trama, en subdivisiones consecutivas, de forma muy ordenada y sencilla.

En la metodología adoptada en los países de jerarquía compatible con la CEPT, tomando todos los octetos de la trama STM-1, tenemos una AU-4, la cual es suficientemente grande como para transportar una trama de cuarto orden (VC-4).

Los demás octetos de esa trama de cuarto orden, a su vez pueden constituir un gran espacio de carga definido como C-4, el cual contiene una señal PDH de 140 Mbit/s o puede estar subdividido en tres grupos de unidades tributarias de tercer orden (TUG-3). Cada TUG-3 puede, a su vez ser designado como una unidad tributaria de tercer orden (TU-3). La diferencia entre un TU-3 y el TUG-3 es que la TU-3 tiene todos sus octetos considerados como un espacio de carga sólido, capaz de contener una trama tributaria de tercer orden (VC-3), a su vez capaz de transportar una señal PDH de 34 Mbit/s o 45 Mbit/s. La TU-3 posee un apuntador asociado a ella, indicando en cual de los octetos de ese espacio de carga se encuentra el inicio del VC-3; en cambio una TUG-3 se sigue subdividiendo en unidades tributarias de menor orden. Por otro lado, no posee un apuntador asociado, sino una indicación de ausencia del mismo. En este caso, el TUG-3 se sigue subdividiendo, primero, en 7 TUG-2; estos, a su vez, se subdividen en 3 TU-12 cada uno. O sea, en este caso, en países de jerarquía CEPT, la TUG-3 se subdivide en 21 unidades tributarias de primer orden/segunda velocidad (TU-12), intercaladas octeto a octeto. Cada una de esas 21 unidades tributarias posee un apuntador individual, el cual indica el comienzo de la trama tributaria en su respectivo espacio de carga (VC-12).

En Estados Unidos, debido a la existencia de redes SONET (*Synchronous Optical Network*), las cuales trabajan siempre con VC-3, en vez de considerar que el área de carga de la trama básica STM-1 es única, esa área de carga está subdividida, a su vez, en tres áreas de carga, con un apuntador asociado a cada una de ellas. Esas áreas de carga son intercaladas octeto a octeto y se llaman AU-3, siendo capaces de transportar un contenedor virtual de tercer orden (VC-3). La

trama VC-3 consiste en un área de carga y un encabezamiento de trayecto, similar al del VC-4. El área de carga puede a su vez ser considerada como indivisible, o sea, capaz de transportar una señal PDH de 45 Mbit/s o 34 Mbit/s, o puede ser análoga a la ya discutida y subdividirse, en este caso en siete TUG-2; éstas TUG-2 pueden consistir en una TU-2 (que transporta una trama de segundo orden VC-2, conteniendo una señal de 6 Mbit/s) con su apuntador; por otro lado, pueden subdividirse en 4 unidades tributarias de primer orden/primera velocidad (TU-11), cada uno con su respectivo apuntador. Estas TU-11 transportan los contenedores virtuales VC-11, cada uno capaz de contener una señal PDH de 1.544 kbit/s [1].

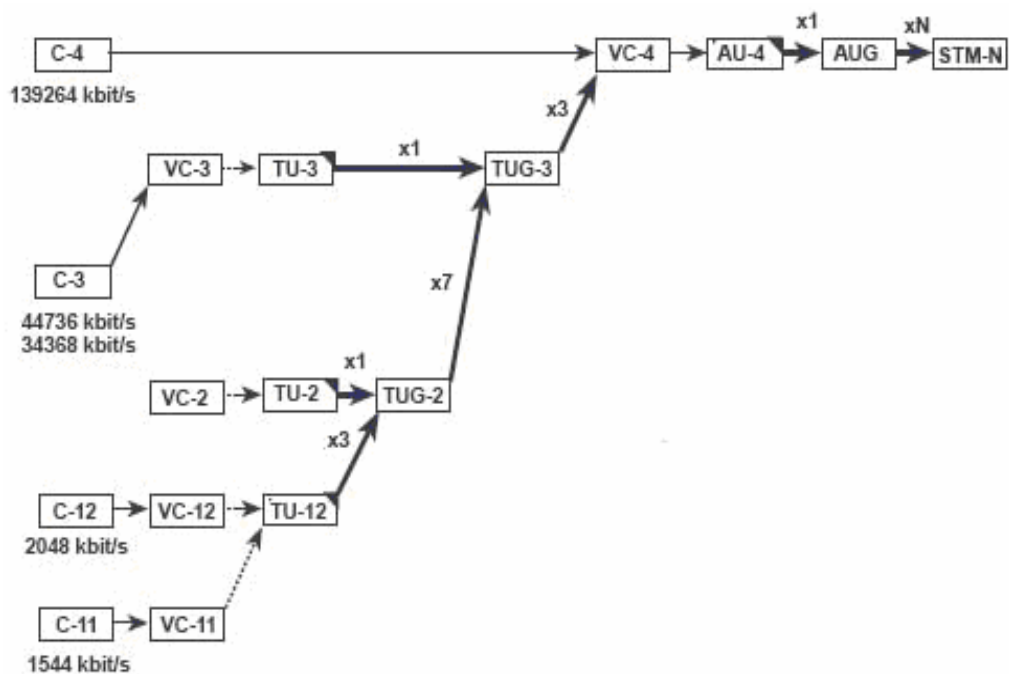


Figura 1.3 Estructura básica de multiplexación

1.1.5.3 Unidades Tributarias

El VC-4 STM-1 con capacidad de canal de 149.76 Mbit/s se ha diseñado específicamente para proporcionar transporte a una señal tributaria de 140 Mbit/s. El transporte para señales tributarias de menor rango (como 2 Mbit/s) se proporciona mediante una estructura de trama de Unidad Tributaria (TU: *Tributary Unit*). Las TUs tienen el propósito específico de soportar el transporte y conmutación de la capacidad de carga que es menos que la proporcionada por el

VC-4. Debido al diseño, la estructura de trama TU encaja muy bien en el VC-4 para facilitar el multiplexaje de TU. Una cantidad fija de TUs completas puede ensamblarse dentro de un área contenedor C-4 de un VC-4.

1.1.6 ESTRUCTURA DE TRAMA DE ORDEN SUPERIOR

1.1.6.1 **Multiplexaje Síncrono por Intercalación de Octetos**

Los grupos de tramas de transporte síncronas pueden empaquetarse para su transporte como una señal de transporte síncrona de orden superior. Este agrupamiento de orden superior se logra mediante el proceso de multiplexaje de octetos entrelazados, ya que los flujos paralelos de señales de transporte se mezclan de manera fija, octeto por octeto. Estos flujos paralelos de señales de transporte se requieren para tener la misma estructura de trama y tasa de bit, a demás de estar sincronizados con la trama unos con otros.

Por ejemplo, 4 señales SDH STM-1 paralelas y sincronizadas en trama pueden ser conjuntamente multiplexadas por entrelazamiento de octetos para formar una señal SDH STM-4 a 622.08 Mbit/s (tasa de bit de 4 x STM-1). El multiplexaje de octetos entrelazados se logra al tomar, en turno, un octeto de cada tributaria de entrada y colocándola en la señal de salida de mayor velocidad.

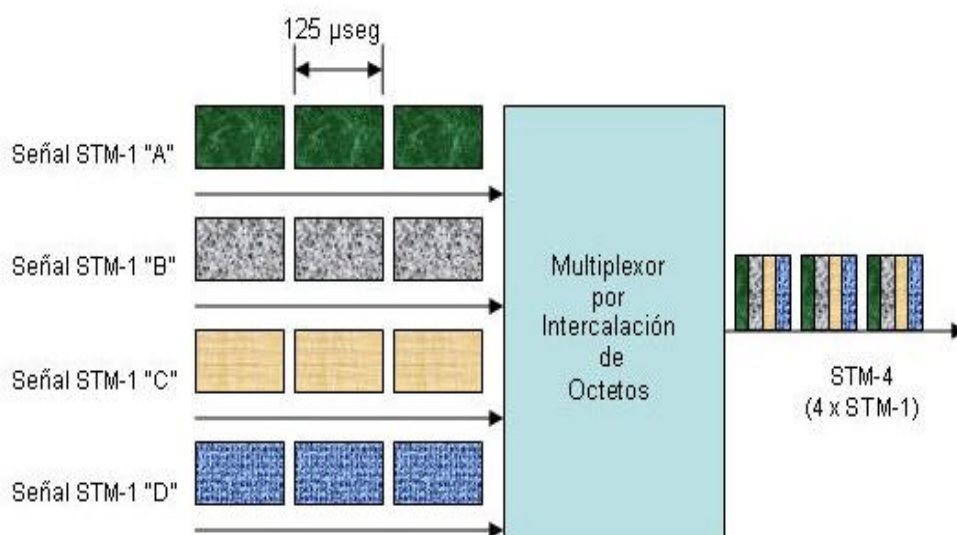


Figura 1.4 Multiplexaje por intercalación de octetos

1.2 DWDM

1.2.1 INTRODUCCIÓN A DWDM.

Los sistemas ópticos tradicionales se basan en la transmisión de una única longitud de onda por un enlace de fibra óptica. Esto supone un desaprovechamiento del ancho de banda de la fibra, que podría soportar varios canales de longitudes de onda diferentes. Este es el fundamento de los sistemas WDM y DWDM.

WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) se basa en la multiplexación de longitudes de onda distintas sobre una misma fibra óptica, ahorrando así la necesidad de tender cables adicionales para canales ópticos distintos. Los sistemas DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) son una variante de WDM en la que el espacio entre canales es muy pequeño (de tan solo unos pocos nanómetros), lo que permite multiplexar muchos canales sobre la misma fibra.

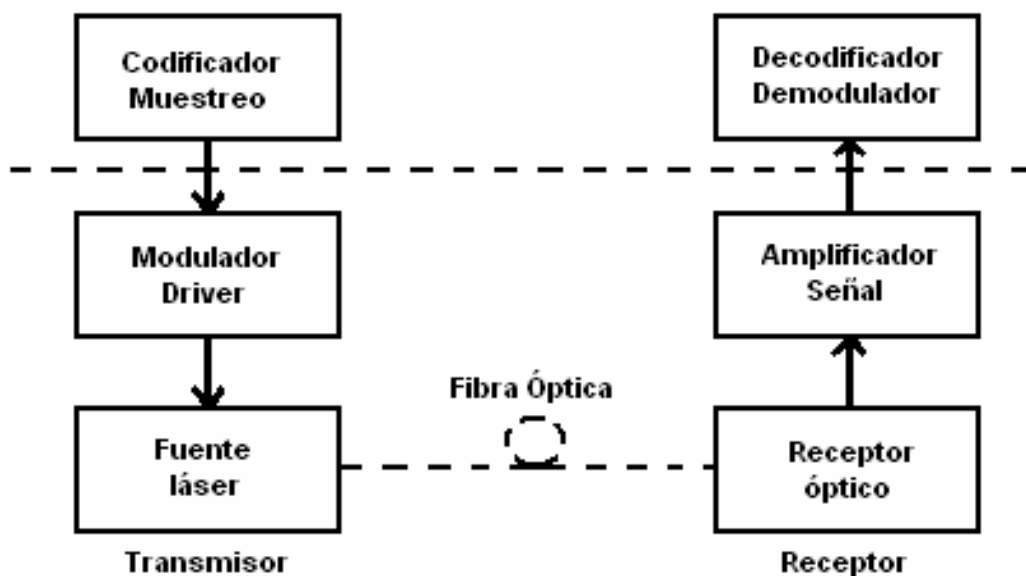


Figura 1.5. Sistema óptico tradicional

Cada uno de estos canales ópticos puede asignarse a fuentes de información distintas con protocolos y velocidades de transmisión diferentes.

El surgimiento de DWDM fue una consecuencia de la necesidad de aumentar la capacidad de las redes de transporte. Con el incremento de la demanda de ancho de banda, caben tres opciones. En primer lugar, es posible

aumentar el tendido de fibra en aquellas redes en que sea viable, aunque esta opción no es ni mucho menos definitiva, porque no permite al proveedor de servicios aumentar su oferta a largo plazo. Otra solución es incrementar las velocidades de transmisión a través de técnicas de multiplexación temporal (TDM, *Time Division Multiplexing*). El problema de TDM es que la capacidad no se puede aumentar bajo demanda, sino que existen una serie de capacidades establecidas a las que hay que ceñirse. La tercera opción es utilizar DWDM, que supone un aumento enorme de la capacidad.



Figura 1.6 Distintas longitudes de onda por una sola fibra

El componente fundamental de DWDM es el amplificador óptico. Este dispositivo permite la amplificación de señales ópticas sin necesidad de convertirlas a formato eléctrico para amplificarlas y volver a reconvertir a señal óptica después. De esta manera, es posible llegar a velocidades cercanas al terabit por segundo.

1.2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DWDM.

DWDM es, como hemos dicho, una tecnología de transmisión, y como tal soporta un gran número de protocolos de capas más altas (ATM, IP, etc.). Un sistema DWDM genérico está formado por transmisores, receptores, multiplexores, demultiplexores y amplificadores ópticos.

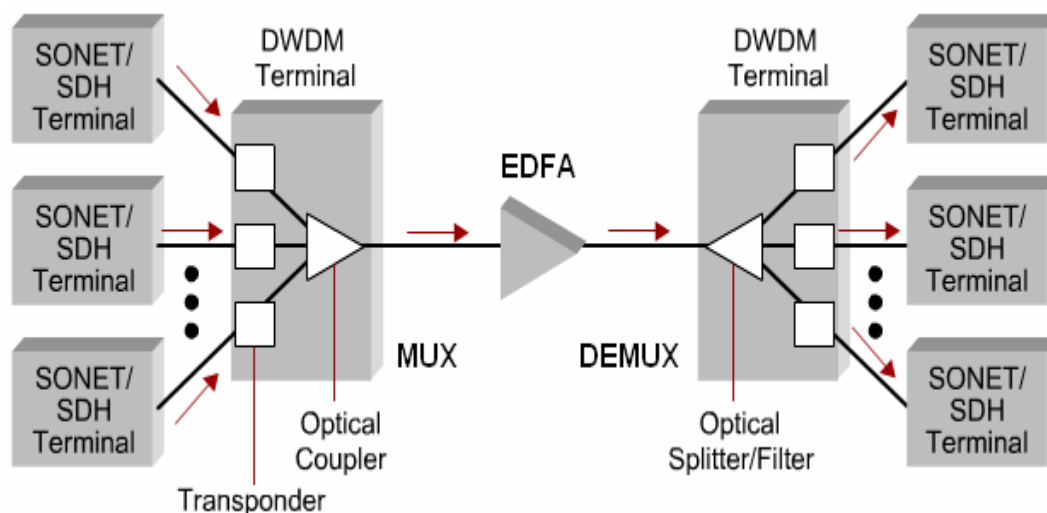


Figura 1.7. Arquitectura de un sistema DWDM

1.2.2.1 Amplificadores Ópticos

La fibra óptica es un medio de transmisión con una atenuación muy baja. Sin embargo, en redes que cubran grandes distancias es necesario regenerar la señal con el fin de mantener la calidad de la misma. Hasta hace poco, en las redes ópticas la amplificación se llevaba a cabo convirtiendo la señal a dominio eléctrico, amplificándola y volviéndola a convertir a formato óptico. Este esquema de amplificación está limitado por la atenuación y por la dispersión de la propia fibra óptica, por lo que es necesario encontrar otros mecanismos alternativos.

La solución son los EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifiers*), que, como su nombre lo indica, son segmentos de fibra óptica dopados con erbio, lo que convierte a la fibra óptica en activa. La principal limitación es su reducido ancho de banda, alrededor de 30 nm. Como consecuencia, la distancia entre canales debe ser muy pequeña (0,8-1,6 nm), con los problemas de interferencias cruzadas que ello supone. Sin embargo, su banda de trabajo, entre 1.530 y 1.560 nm, coincide con un mínimo de atenuación (tercera ventana).

Para resolver el problema de las interferencias cruzadas, se han desarrollado los DBFA (*Silica Erbium Doped Dual Band Fiber Amplifier*), capaces de alcanzar velocidades cercanas al terabit por segundo (Tbps). Su mayor ventaja es su ancho de banda (1.528 a 1.610 nm), dividido en subbandas: la primera, la llamada EDFA porque abarca las longitudes de onda típicas de este

tipo de amplificadores, y la segunda denominada EBFA. Esta última presenta una serie de ventajas frente a la primera, entre las que se encuentran ganancia plana, bajo nivel de saturación y bajo ruido.

1.2.2.2 Multiplexores de inserción/extracción

Los multiplexores de inserción/extracción (ADM, Add-Drop Multiplexer), como su nombre indica, se encargan de extraer ciertos canales de la señal óptica y de incorporar otros canales (iguales o no). La inserción/extracción puede ser un proceso basado en una secuencia prefijada de canales (ADM fijos) o bien configurarse dinámicamente (ADM reconfigurables), dependiendo de la implementación del mismo.

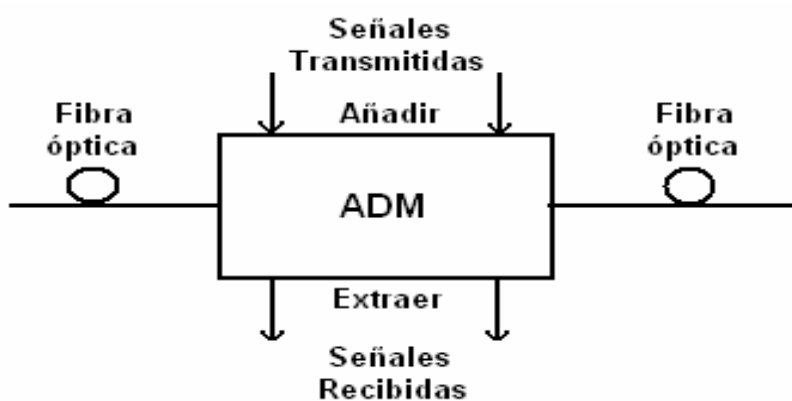


Figura 1.8. ADM óptico

El ADM actúa como punto de entrada a la capa óptica, haciendo posible la extracción e inserción de canales ópticos individuales sin necesidad de recuperar toda la señal óptica. Las características principales de un ADM son un número de entradas y salidas.

1.2.2.3 Multiplexores distribuidores

Los multiplexores distribuidores (OXC, *Optical Cross Connect*) se encargan de las labores de conmutación y encaminamiento ópticos. Interconectan n puertos de entrada con n puertos de salida, consiguiendo una gestión eficiente de las longitudes de onda

El OXC es un dispositivo reconfigurable que permite el transporte y la gestión de las longitudes de onda de manera eficiente e independiente de la velocidad y el formato de la señal óptica.

1.2.3 APLICACIONES

Las tecnologías DWDM pueden aplicarse en entornos muy variados, entre los que se encuentran las redes de transporte, las redes de acceso e incluso las redes LAN.

Las redes de transporte DWDM se agrupan en tres categorías: enlaces DWDM *punto a punto*, encaminamiento DWDM *por longitud de onda con multiplexación y conmutación eléctrica* y redes *todo ópticas*.

La aplicación más sencilla de DWDM consiste en los enlaces DWDM punto a punto en algún lugar de la red de transporte. En una arquitectura de este tipo, los nodos electrónicos representan multiplexores SDH, *routers*, conmutadores ATM, etc. Un nodo DWDM consiste en un par multiplexor/demultiplexor de longitud de onda y un par de conversores electroópticos y optoelectrónico. Cada canal óptico se emplea para la transmisión de un único flujo de datos, de manera que cada longitud de onda equivale a un enlace de fibra óptica tradicional.

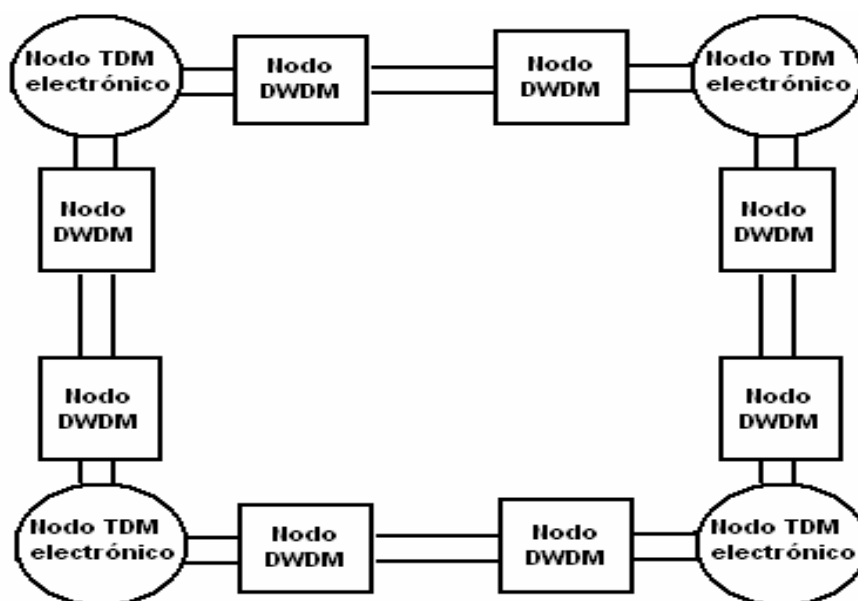


Figura 1.9. Enlace DWDM Punto a Punto.

La principal ventaja de este tipo de configuraciones es que aumenta el ancho de banda de la red de transporte a un coste reducido. Sin embargo, el ancho de banda de canal óptico no puede explotarse totalmente debido a las limitaciones de los dispositivos electrónicos, que constituyen el cuello de botella de esta topología. Además, las longitudes de onda del enlace son fijas.

En el segundo tipo de aplicaciones, los routers ópticos se encargan de las tareas de configuración de la topología de la red, mientras que los nodos TDM llevan a cabo funciones de multiplexación y conmutación en el dominio eléctrico. Esta combinación de tecnologías ópticas y electrónicas es muy utilizada en redes SDH o ATM.

En este caso, se optimiza el empleo de los canales gracias a la reconfiguración dinámica de los enlaces en función del tráfico de la red. Sin embargo, persiste el problema del cuello de botella de los dispositivos electrónicos. Este problema queda resuelto en las redes todo ópticas, en las que la señal permanece en formato óptico durante todo su viaje. En este caso, existen dos posibilidades: conmutación por longitud de onda sin TDM y TDM en el dominio óptico.

Una red conmutada por longitud de onda se basa en los *routers* ópticos, capaces de conmutar canales ópticos entre sus puertos de entrada y sus puertos de salida. La principal ventaja de esta red DWDM es la sencillez del mecanismo de conmutación. Sin embargo, tienen el inconveniente de que, una vez establecida la conexión óptica entre los dos extremos de la comunicación, es responsabilidad de los propios extremos el hacer un uso eficiente del ancho de banda. En ocasiones, esto resulta muy ineficiente (por ejemplo, para comunicaciones de voz). Por esta razón, no es probable que este tipo de transporte reemplace a las redes SDH.

En las redes TDM ópticas, en cada canal óptico se multiplexa el tráfico de distintas fuentes de manera que el problema de ineficiencia queda resuelto. La configuración más sencilla de este tipo de redes consiste en reemplazar el multiplexor eléctrico por uno óptico.

Sin embargo, podrían agruparse las funciones de encaminamiento y multiplexación en un solo dispositivo formando una red todo óptica. No obstante, hasta el momento, este tipo de dispositivos se encuentran en fase experimental.

Sin embargo, las redes todo ópticas también tienen sus inconvenientes. En redes formadas por un número de nodos reducido, es posible emplear canales ópticos dedicados entre cada par de nodos. Sin embargo, si el tamaño de la red aumenta, no existen suficientes longitudes de onda, al menos con la tecnología actual, que establece una limitación en torno a 160 canales. Otro inconveniente es la deficiente granularidad de la red. En efecto, aunque la capacidad de la red es enorme (del orden de 2,5 a 10 Gbps), no puede ser compartida entre varios enlaces.

2 CAPÍTULO II

2.1 GESTIÓN DE REDES SDH BASADA EN TMN

2.1.1 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE REDES SDH

La tercera generación de sistemas de supervisión permite efectuar las operaciones de la segunda más otras adicionales (por ejemplo, reconfiguración dentro de una red en anillo). Posee una velocidad de comunicación y una capacidad de memoria mayor. A continuación en la **Tabla 2.1** se comparan ambos sistemas.

TABLA 2.1. COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS DE GESTIÓN PDH Y SDH

Modelo del sistema de gestión	PDH	SDH
Funciones	Telesupervisión	Red TMN
Alarmas, Control, G.821	Si	Si
Configuración de Red	No	Si
Protocolo de Comunicación	Polling	HDLC
Velocidad de Comunicación	64 kb/s	192 y 576 kb/s
Canal de Comunicación	Independiente	SOH en STM-1
Unidad de Supervisión	Separada	Integrada
Periféricos Previstos	RS-232 (VDU+Print+Host)	LAN-Ethernet
Interfaz y software	Propietario	Normalizados

Los principios de **TMN** (*Telecommunications Management Network*) se especifican mediante ITU-T **M.3010** con el propósito de normalizar su utilización para las redes sincrónicas SDH.

-En **M.3020** se disponen de las interfaces;

-En **M.3180** la información de gestión;

-En **M.3200** un resumen de los servicios y

-En **M.3300** las facilidades de la interfaz F.

La arquitectura típica del sistema de gestión para las redes sincrónicas (su origen se remonta a 1988) contiene los siguientes componentes:

- Elementos de Red NE. En una red SDH es el multiplexor terminal o *Add-Drop*, el equipo terminal de línea o repetidor, los circuitos *Cross-Connect*, el equipo de radioenlace y la fuente de sincronismo. Los elementos de red poseen hacia el exterior la interfaz F y Q que permiten la conexión con el sistema de operaciones. La interfaz F admite la conexión de una PC (*Notebook o Laptop*) como sistema de gestión local.
- Adaptador de interfaz Q. Permite adaptar un elemento de la red NE ya existente a la TMN que se introduce. Los elementos de red SDH ya disponen de las interfaces Q y F. Téngase en cuenta que la interfaz Q3 es normalizada y la Qx es propietaria del fabricante.
- Elemento de Mediación. Permite la conexión entre el elemento de red y el sistema de operaciones mediante un canal de comunicación de datos normalizado.
- Sistema de operaciones. Se trata de componentes informáticos para el proceso y presentación de la información.

Las funciones de una red de gestión se estructuran en 4 niveles (es decir, cada tipo de gestión se realiza en estratos diferentes) de acuerdo con **ITU-T M.3010**:

- Gestión de sistema **BML** (*Business Management Layer*) para modelos de largo plazo, planes de servicios y tarifas.
- Gestión de servicio **SML** (*Service ML*) para la administración de órdenes de servicio.
- Gestión de red **NML** (*Network ML*) para gestión de alarmas, tráfico, performance y configuración de la red.

- Gestión de elemento de red **EML** (*Element ML*) gestión de alarmas, tráfico, performance y configuración del equipo.
- Gestión local del elemento de red **NEL** (*Network Element Layer*) para las funciones locales de gestión.

De esta forma la función de gestión de averías en el elemento de red es detectar alarmas, las cuales son "filtradas" (seleccionada de acuerdo con prioridad y origen) en la gestión de avería de red y presentadas en la gestión de avería de servicio.

2.1.2 COMPONENTES DE LA GESTIÓN SDH.

Los componentes que constituyen la red de gestión SDH son los siguientes:

- Unidad de Control y unidad de Gestión del equipo.
- Canal de comunicación hacia la PC que oficia de terminal local.
- Canal de comunicación entre equipos de la misma red.
- Red de comunicación entre distintos equipos en una misma estación.
- Red de comunicación en el Centro de Gestión Regional.
- Red de comunicación entre Centros Regionales con el Centro Nacional Unificado.

2.1.2.1 **Unidad de Control**

Un equipo de la red SDH (multiplexor Add-Drop, terminal de línea óptica o radioenlace, Cross-connect, etc) puede visualizarse como una serie de unidades con distintas misiones y funciones. La unidad de control mantiene actualizada la base de datos del equipo y permite la comunicación con el operador del Terminal Local. Sus funciones en particular son:

- Comunicación con las distintas unidades del aparato. Se realiza mediante un canal de comunicaciones cuyo soporte físico (capa 1) es el *Backplane* del bastidor. El protocolo de comunicación de capa 2 es el **LAP-D** (derivado de la red de acceso ISDN). Se trata de un proceso de

comunicación del tipo Polling donde la unidad de control interroga en forma periódica a las distintas unidades para actualizar la Base de Datos **MIB**.

- Actualización de la Base de Datos. En esta base de datos se sostiene la información de alarmas, configuración, reportes de performance, etc. El equipo dispone de una memoria EEPROM en cada unidad y otra en el backplane. En la EEPROM de cada unidad se mantiene el software de operación. En la EEPROM del backplane se mantiene la configuración del equipamiento. En caso de falla o corte de energía al reiniciarse el funcionamiento el equipo se autoconfigura con los parámetros memorizados en esta memoria. No se requiere una intervención posterior al cambio de una unidad del equipo.
- Comunicación con el terminal local PC. Esto permite realizar las operaciones de gestión local desde una PC mediante la interfaz F.
- Comunicación con la Unidad de Gestión de red TMN. Entre ambas unidades (Control y Gestión) se puede enlazar al equipo con la TMN.

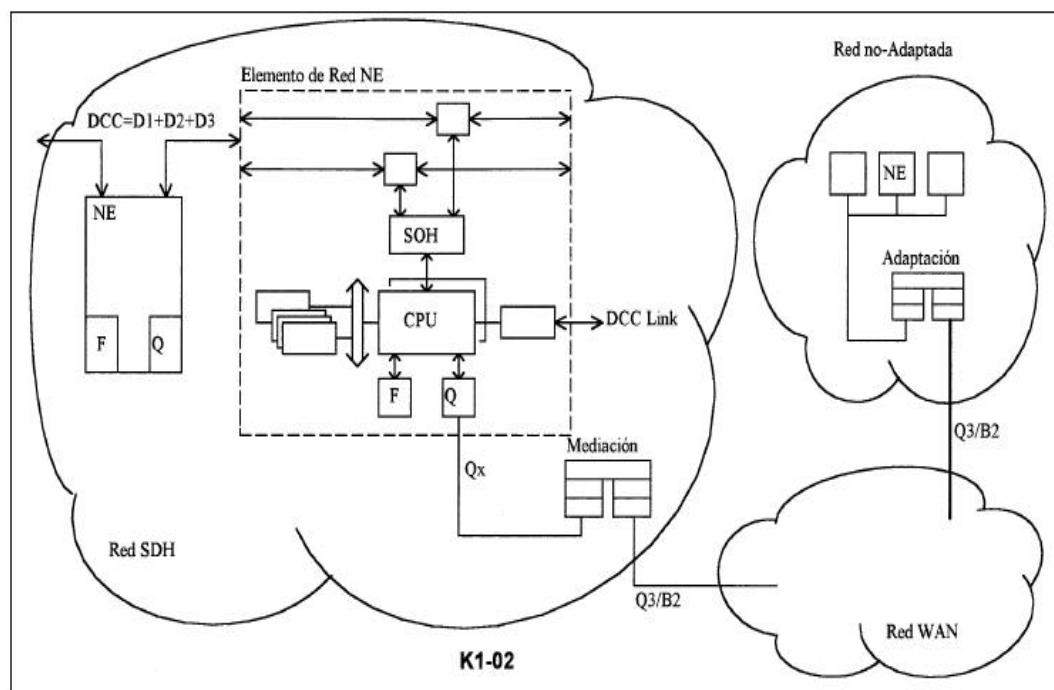


Figura 2.1. Estructura de enlace para gestión de equipos SDH.

2.1.2.2 Terminal Local

La interfaz F permite comunicar al equipo con una PC (*Notebook* o *Laptop*) exterior de forma tal que pueden realizarse funciones de programación local. Esta función es necesaria en la configuración inicial del equipo cuando aún no se han ingresado los parámetros de comunicación de red (direcciones MAC, NSAP e IP) que permiten la conexión remota. Las funciones son:

- Interfaz de conexión F. Corresponde a una conexión hacia el terminal de operaciones (PC) mediante una salida ITU-T V.24 (similar a RS-232) a 9,6 o 19,2 kb/s. Se trata de un conector tipo-D de 9 pin (DB-9). El diagrama de capas para una Interfaz F incluye el nivel de enlace de datos (capa 2 del tipo HDLC) y el protocolo de aplicación propietario del fabricante.
- Software de aplicación. Permite realizar casi las mismas funciones que la gestión TMN. El terminal local permite leer y escribir en la base de datos del equipo, cuya memoria es reducida. Por ello, la capacidad de obtener estadísticas y resúmenes históricos es limitada. Sin embargo, permite las funciones básicas y es de utilidad en la puesta en marcha y reparación de emergencia.
- El software disponible mediante el terminal local es suficiente para operar una red de equipos pequeña. Cuando dicha red es más extensa se puede pensar en el sistema de gestión remoto TMN. Para ello se requiere la función de Unidad de Gestión.

2.1.2.3 Unidad de Gestión

Para efectuar las funciones de gestión remota TMN se requiere de una unidad de gestión que procesa los protocolos de comunicación apropiados (normas ISO para la TMN). Esta unidad puede ser la misma o distinta a la unidad de control. Realiza las siguientes funciones:

- Proceso de comunicación entre estaciones mediante el canal DCC embebido en la trama STM-1.
- Interfaz Q de conexión al exterior. Normalmente se trata de una red LAN-Ethernet.

➤ Interfaz hacia otros equipos idénticos de la misma estación. Este último caso es disponible en algunos modelos de equipos para facilitar la extensión de la conexión de gestión a otros enlaces similares. Se trata de una extensión del canal DCC (DCC link) o una interfaz serie (bus V) de interconexión.

2.1.2.4 Comunicación entre estaciones

La comunicación entre los equipos que forman un enlace SDH ubicados en distintas estaciones se realiza mediante un canal de comunicaciones dedicado en la trama STM-1. Dicho canal se llama **DCC** (*Data Communication Channel*). Las características de esta comunicación son las siguientes:

➤ Se disponen de dos canales de datos embebidos en el encabezamiento SOH de la trama STM-1:

- **DCCR** que es accesible en los terminales y repetidores. La transmisión es serie del tipo full-duplex con protocolo HDLC a 192 kb/s (LAP-D). La interfaz al exterior para extensión es del tipo balanceada ITU-T V.11/RS-422 a 4-hilos, sobre línea de 150 ohm.

- **DCCM** que es accesible solo entre terminales multiplexores. La transmisión es contradireccional a 576 kb/s y la interfaz es ITU-T V.11. DCCR utiliza los Bytes D1-D3 de la RSOH y DCCM los Bytes D4-D12 de la MSOH de acuerdo con el siguiente esquema:

A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	xx	xx
B1	M	M	E1	M	xx	F1	xx	xx
D1	M	M	D2	M	xx	D3	xx	xx

D1-D3=DCCR=192 kb/s

H1	---	---	H2	---	---	H3	H3	H3
----	-----	-----	----	-----	-----	----	----	----

B2	B2	B2	K1	xx	xx	K2	xx	xx
D4	xx	xx	D5	xx	xx	D6	xx	xx
D7	xx	xx	D8	xx	xx	D9	xx	xx
D10	xx	xx	D11	xx	xx	D12	xx	xx
S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	xx	xx

D4-D12=DCCM=576 kb/s

➤ El modelo de capas para el stack de protocolos se encuentra determinado en ITU-T **G.784**.

- En la Capa 2 se adopta la recomendación ITU-T **Q.921**. Se trata del protocolo HDLC **LAP-D** usado en el sistema de señalización DSS1 para usuarios de la ISDN. El mismo se utiliza también en la comunicación interna al aparato.
- En la Capa 3 se adopta el protocolo de la norma **ISO 8473 (CLNP)**. Es un protocolo IP sin-conexión que permite el enrutamiento mediante la dirección **NSAP**. Este protocolo es equivalente al IP de UNIX-Internet.
- La capa 4 de Transporte es **ISO 8073 (TP4)** y realiza funciones de retransmisión de datos.
- La capa 5 de Sesión ITU-T **X.215** (kernel dúplex) permite realizar las funciones de aceptación de conexión, rechazo y desconexión, aborto, transporte y segmentación.
- La capa 6 de Presentación ITU-T **X.216/226** (kernel ASN.1) entrega las reglas de codificación para sintaxis de transferencia.
- La capa 7 de Aplicación utiliza las normas ITU-T **X.217 (ACSE)**, **X.219 (ROSE)** y **ISO 9595 (CMIS)**. Permite la acción del los software de aplicación de cada elemento de red. Una misma plataforma permite visualizar diferentes equipos. El protocolo de comunicación entre CMIS es el CMIP.

2.1.2.5 Comunicación entre distintos equipos

En una estación pueden coexistir distintos tipos de equipos SDH (multiplexores, terminales de FO, radioenlaces, etc) y distintos enlaces que conforman la red. Para efectuar la interconexión de los mismos se requiere de la interfaz Q desde la Unidad de Gestión.

- **INTERFAZ Q1/Q2/Q3**. Q1/Q2 se indican en la norma ITU-T **G.771** y Q3 en **Q.513**.
 - **Q3**. Se encuentra en la norma ITU-T **G.773** que identifica las capas del modelo ISO. Existen 5 variantes para Q3 propuestas y denominadas A1/A2/B1/B2/B3. La variante **Q3/B2** se usa para comunicación con

protocolo X.25 mientras que la variante **Q3/B3** se usa para una salida LAN **Ethernet** (la LAN pertenece al sistema de operación).

◦ Interfaz Física. La Interfaz Física es del tipo semidúplex con 2 pares balanceados uno en cada sentido de transmisión. La velocidad será de 19,2 o 64 kb/s con código NRZ Invertido. La capa 2 se determina en base a ITU-T X.25 (LAP-B) para la transferencia de datos por paquetes (interfaz y conector V.11/X.21) en Q3/B2. En el caso de Q3/B3 se trata de la IEEE 802.2 para la red de área local LAN tipo CSMA/CD (Ethernet). La capa 3 se encuentra conforme a X.25 en Q3/B2 y a ISO-8473 en el segundo. Se adopta, para X.25, el funcionamiento en módulo 8 y módulo 128 como opcional. La longitud máxima por trama es de 131 y 256 Bytes.

➤ LAN Ethernet. Normalmente los equipos SDH disponen de una interfaz física de conexión **AUI** que permite acceder al equipo mediante una LAN (10BaseT o 10Base2). En esta interfaz se conecta un transreceptor Ethernet con conexión coaxial BNC (10Base2) o RJ45 (10BaseT). Todos los equipos a ser gestionados por la TMN deben ser interconectados mediante esta LAN. El protocolo de capa 2 es el definido en IEEE 802.3 (MAC y LLC). Para configurar correctamente la LAN se debe programar a cada equipo con una dirección MAC distinta.

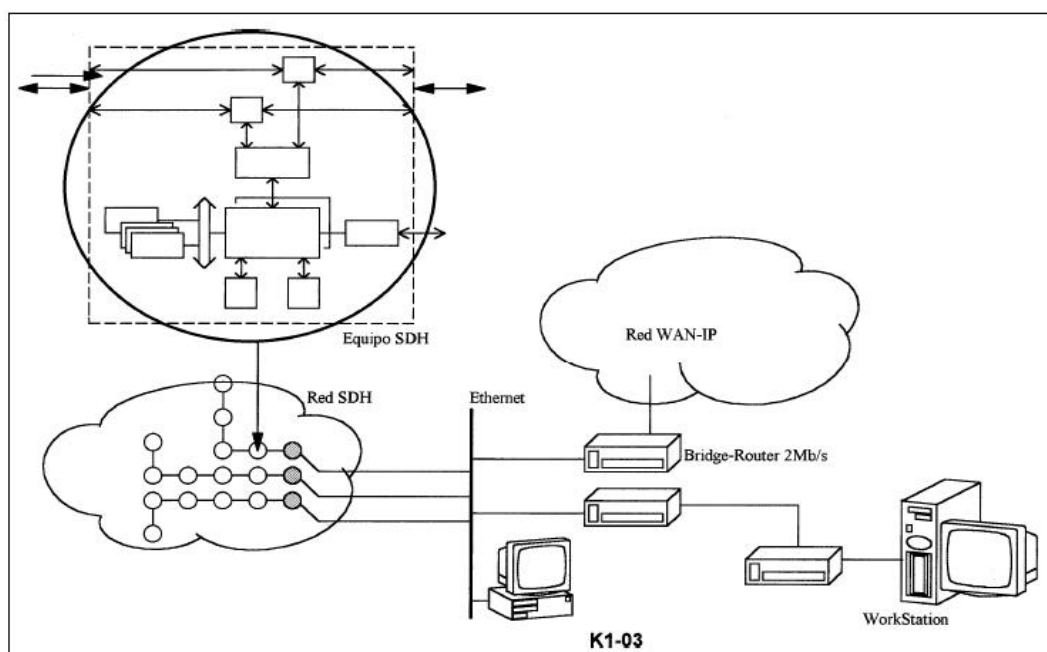


Figura 2.2. Componentes de una red de gestión SDH.

2.1.2.6 Elemento de Adaptación

Permite la conexión entre un equipo no adaptado a la red TMN y que desea ser gestionado por el mismo sistema de operaciones mediante un canal de comunicación de datos normalizado. El proceso de adaptación involucra las siguientes funciones de comunicación entre el elemento de red y el sistema de operaciones:

➤ Control de la comunicación: interrogación secuencial para recopilación de datos, direccionamiento y encaminamiento de mensajes, control de errores. Conversión de protocolos y tratamiento de datos: concentración de usuarios, compresión y recopilación de datos, formateo y traducción de información. Transferencia de funciones: secuenciación y eventual envío de alarmas, reporte de los resultados de las pruebas, carga de informes de estado. Proceso para toma de decisiones: fijación de umbrales de alarma, encaminamiento de datos, funciones de seguridad, y selección de circuitos. Almacenamiento de datos: configuración de redes, copia de memorias, identificación de equipos, etc.

➤ Interfaz Q2. Conecta al elemento de red con el elemento de adaptación. La Capa 1 se trata de un bus o anillo, dúplex o semidúplex, mediante pares apantallados balanceados de 120 ohm (interfaz V.11). La velocidad es de 19,2 a 64 kb/s en código NRZ Invertido. La Capa 2 determina el protocolo LAP-B de **X.25** con un 1 byte de direcciones. El campo de información tiene una longitud máxima de 128 o 256 Byte.

2.1.2.7 Centro de Gestión regional

En el Centro de Gestión Regional se concentra la gestión remota de los equipos en un sector de la red. Se trata de una red LAN del tipo Ethernet (10Base2 o 10BaseT) que interconecta los siguientes elementos:

➤ Equipos de red SDH. Se trata de los extremos de enlaces que confluyen en la estación central regional. Conexión mediante la interfaz AUI.

➤ Sistema de Operaciones. Está constituido por una o más (por razones de seguridad) estaciones de usuario **WS** (*WorkStation*). Esta WS puede funcionar con varios terminales **X-Terminal** para abastecer a diversos operadores simultáneamente. El hardware involucrado típico es:

- Sistema controlador **WS** (HP9000): capacidad de memoria RAM (64 a 256 MBytes).
 - Sistema operativo UNIX; lenguaje de programación C++
 - Interfaz gráfica Xwindows basado en **OSF/Motif** (*Open Software Foundation*).
 - Monitor color: resolución (1280x1024 pixels de 256 colores) e impresora (salida RS-232-C a 9600 b/s).
 - Disco de memoria: sistema operativo y el software (2,6 Gbytes interno y 40 Gbytes externo).
 - Conexión a LAN (Ethernet a 10 Mb/s): interfaz Q3/B3 para varias gateway de red.
- *Bridge*. Permiten interconectar distintas LAN del mismo tipo o generar varias desde una misma. Permite una mayor disponibilidad al generar LAN autosuficientes. Reduce el tráfico entre secciones de red LAN. Permiten solucionar problemas de congestión de paquetes mediante aislación de tráfico. Introduce retardo para medios de acceso de menor velocidad. Con dos *bridge* es posible abrir la red LAN del centro de gestión regional para disponer de acceso por ejemplo en el edificio de equipos de comunicaciones y el administrativo simultáneamente.
- *Switch*. Funciona en el ámbito de capa 2a (MAC), procesan direcciones y no modifican el contenido. Inspecciona la dirección de fuente y destino del paquete para determinar la ruta. La tabla de rutas es dinámica. Contiene suficiente memoria buffer para los momentos de demanda máxima (cola de espera). El overflow del buffer produce descarte de paquetes.
- *Router*. Funciona en el ámbito de capa 3 y por ello requiere un análisis del protocolo correspondiente IP (ISO o UNIX). Debe soportar distintos tipos de protocolos; por ejemplo ISO para la comunicación entre equipos SDH y TCP/IP de UNIX para la comunicación entre elementos informáticos. Interconectan LAN entre sí o una LAN con WAN (mediante protocolos punto-a-punto, X.25, Frame Relay o ATM). En una red de gestión el *router* dispone de salidas de 2 Mb/s hacia la red de transmisión. Permiten mejorar la eficiencia de la red ya que tolera

distintos caminos dentro de la red WAN (protección mediante múltiples posibles trayectos). El *Router* puede segmentar datagramas muy largos en caso de congestión.

2.1.2.8 Centro de Gestión Nacional

Este centro de gestión se comunica con todos los otros centros de gestión regionales mediante una red extensa WAN generada con *routers*. El protocolo de comunicación es el TCP/IP de UNIX. El canal de comunicación es una señal tributaria de 2 Mb/s (noestructurada) que se envía dentro de la misma red SDH. La protección del tráfico se logra mediante una malla entre *router* por distintas vías.

➤ Gateway. Se denomina así a la *WorkStation* que funciona en el ámbito de todo el modelo de capas para convertir los protocolos de ISO a UNIX. Interconectan redes de características diferentes con simulación de protocolos.

➤ Routing. Se entiende por *routing* el proceso que permite la interconexión de redes. Se efectúa mediante los Router por lo que se requiere la configuración para interpretar la dirección IP de capa 3. *Bridge* y *Router* son elementos que "aprenden de la red". Como analizan la dirección de cada paquete pueden formar una tabla de direcciones (MAC para el *bridge* e IP o NSAP para el *router*). Cuando se conecta un nuevo terminal a la red este envía un paquete indicando la activación con lo que puede integrarse a la tabla de direcciones. El *Router* debe poseer un set de direcciones IP. Tiene la capacidad de enrutamiento para optimizar el camino del paquete de datos (analiza el costo; retardo de tránsito; congestión de red y distancia en número de *Router* en el trayecto). La tabla de ruta (*Routing Table*) contiene solo el "próximo paso" en la red. Se han definido 2 tipos de protocolos para Router: en interior y exterior. Se denomina sistema autónomo (sistema interior o dominio) a un conjunto de sub-redes y *Router* que utilizan el mismo protocolo y el mismo control administrativo.

➤ Sistema Informático. Posee características similares a la del Centro Regional. Mediante sucesivos *Password* es factible administrar las funciones que pueden ser desarrollados por ambos tipos de Centros.

2.1.2.9 Direccionamiento

La configuración inicial de la red de Gestión involucra la programación de los parámetros de comunicación. Se trata de las capas 2/3/4. Se disponen de tres estructuras de suite de protocolos: LAN, ISO y UNIX. Las direcciones disponibles en UNIX (IP) e ISO (NSAP) son distintas:

➤ **Dirección IP.** Disponible para direccionamiento entre componentes informáticos (Workstation, X-Terminal, Routers, Impresoras, etc). La dirección IP ocupa 32 bits (4 Bytes). Permite identificar la red y el host individual. Normalmente las direcciones IP de una red de gestión no están normalizadas. El formato de las direcciones puede ser de 5 tipos.

- Clase A. 0+7bit+24bit. Corresponde a un número de dirección de Network (7 bit asignados por IAB) y otro número para el Host (24 asignados por el administrador de la red). Aplicable solo para grandes redes. El IAB solo puede designar 128 (2⁷) redes de este tamaño. Numera desde 0.0.0.0 hasta 127.255.255.255.

- Clase B. 10+14bit+16bit. Aplicable a redes medianas y numera desde 128.0.0.0 hasta 191.255.255.255.

- Clase C. 110+21bit+8bit. Para pequeñas redes. Se trata de 4 Bytes: los 3 primeros Bytes indican la dirección de red y el último Byte numera el Host dentro del nodo. Un *router* de red IP se identifica mediante los 3 primeros Bytes (dados por IAB) y sus puertos con el Byte final. En esta configuración el primer valor válido es 192.0.0.0 y el último es 223.255.255.255.

- Clase D. 1110+28 bits. Ocupa la numeración 224.0.0.0 hasta 239.255.255.255.

- Clase E. 11110+27 bits. Ocupa desde 240.0.0.0 hasta 247.255.255.255.

➤ **Dirección NSAP.** Esta dirección está normalizada por ISO y permite el direccionamiento entre equipos de la red SDH. Trabaja sobre el protocolo de capa 3 de ISO/ITU-T **CLNS** (*Connection Less Network Service*). Las funciones de router en este caso son desarrolladas por la Unidad de Gestión. La tabla de ruta

(*Routing Tabla*) se actualiza en forma automática. El protocolo que permite actualizar esta Tabla es TCP/IP se denomina RIP y para el modelo ISO se denomina IS-IS. La dirección **NSAP** (*Network Service Access Point*) consiste en una secuencia jerárquica de bytes (generalmente entre 14 a 17 bytes, máximo 20 bytes). El significado es el siguiente:

- Identificador de formato de dirección **AFI**: norma ISO 6523 (hexadecimal 47), ISO 3166 (39), X.121 (37 o 53).
- Identificador de dominio inicial **IDI**.
- Parte específica de dominio: Identificador de dominio **DID** y de sistema **SID**. Incluye la dirección MAC. Selector de NSAP (valor hexadecimal fijo 01).

➤ Dirección MAC. El enrutamiento dentro de una LAN contiene 2 direcciones: una LLC y otra MAC. La dirección MAC identifica la estación sobre la red LAN (punto físico de la red, número de hardware que identifica al fabricante y serie del aparato) y la dirección LLC identifica al usuario. En LLC pueden estar conectados varios usuarios sobre la misma dirección MAC (MAC es una dirección en *firmware* mediante una memoria EPROM). La dirección puede ser individual, a un grupo *multicast* o *broadcast*. El formato de dirección MAC de 2 Bytes ocupa 1 bit para indicar una dirección individual o un grupo. La codificación FFFF (hexadecimal) señala la operación en broadcast para todas las estaciones activas en la LAN.

En el formato de 6 Bytes contiene: Un bit que indica una dirección individual o grupo. Un bit indica si se trata de direcciones administradas localmente o el formato universal (asignado por IEEE e ISO). El universal consiste en 22 bits asignados por IEEE al organismo que lo solicita (ejemplo, hexa 08.00.20 para computadores Sun). Los 24 bits restantes son administrados localmente por el operador de la red LAN.

2.1.2.10 Resumen de Redes

Siguiendo a la Figura 2.3 se pueden observar las siguientes redes y protocolos de comunicación:

➤ Red entre equipos SDH. Consiste en la capa física DCC dentro de la trama STM-1. El protocolo de enlace de datos es el LAP-D. Los protocolos de capa superior son los ISO (TP4/IP). Comunica a los distintos equipos NE con la estación WorkStation. El direccionamiento se efectúa mediante direcciones NSAP; la función de routing la realiza la Unidad de Gestión del equipo SDH.

➤ Red LAN. Consiste en la capa física 10Base2 o 10BaseT. El protocolo de enlace de datos es el MAC-LLC. En las capas superiores trabaja con los protocolos ISO o UNIX. Permite interconectar distintos equipos en una estación.

➤ En el Centro de Gestión interconecta los equipos SDH con los componentes del Sistema de Gestión (WorkStation, Printer, etc.). El direccionamiento se realiza mediante direcciones MAC.

➤ Sistema de Gestión. La capa física y de enlace de datos la conforman las redes LAN y WAN mediante routers. Utiliza los protocolos UNIX (TCP/IP) para las capas superiores. Permite la interconexión de varios Centros Regionales con el Centro Nacional. La interconexión se realiza mediante una red extensa conmutada por routers. El direccionamiento se efectúa mediante direcciones IP.

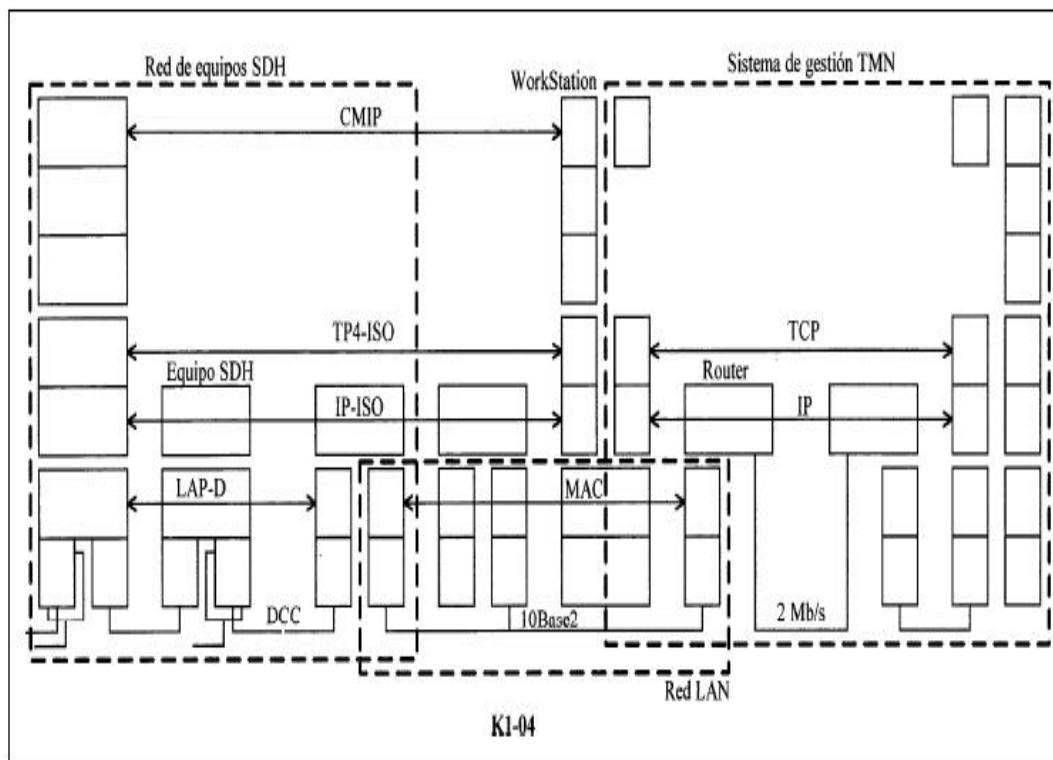


Figura 2.3. Diagrama de capas para la red de gestión SDH

2.1.3 SOFTWARE DE APLICACIÓN.

El diseño e implementación del sistema de operaciones OS se basa en un software diseñado con la técnica orientada-al objeto. Consiste en definir Objetos abstractos cuyas características dinámicas se modelan y definen mediante el Comportamiento (*behavior*). En una red real la función completa envuelve la interacción de todos los objetos asociados. La totalidad de los objetos se la conoce como base o modelo de datos-información de gestión [2].

A continuación se muestran las funciones típicas para las redes de gestión para sistemas SDH:

- **SEGURIDAD** (para asegurar el acceso al sistema de gestión):
 - *Login/Logout*: Inicio de sesión para obtener acceso al sistema y salida del mismo.
 - *Password*: Derecho de acceso mediante autenticación. Varios niveles de usuarios.
 - Inactividad automática por tiempo.
 - Alarma de seguridad en caso reiterado acceso no válido.
 - Posibilidad de *Backup/Restore*.
- **NIVEL DE CONTROL DE RED.**
 - Posibilidad de generar un diagrama topográfico de la red.
 - Posibilidad de generar circuitos *end-to-end (Trail)*.
 - Funciones de construcción, provisión y bloqueo.
 - Posibilidad de re-enrutamiento automático.
 - Posibilidad de crear, copiar, pegar elementos de red dentro del sistema general.
 - Carga de nuevo software, re-inicialización, audit de datos, impresión, etc.
- **CONFIGURACIÓN** (para realizar la programación inicial del equipo):
 - Definición de inventario y reporte de ausencia de unidades. Upgrade del equipo.

- Interfaz de entrada de tributario (PDH y SDH), velocidad y temporización.
- Sincronismo del equipo:
 - ✓ Selección: entradas externas, desde línea o tributario.
 - ✓ Designar la prioridad y alternativas.
 - ✓ Reversibilidad y tiempo de espera (*Wait To Restore*).
 - ✓ Configuración del Byte S1 (MSOH).
- Sobre multiplexores ADM:
 - ✓ Configuración de unidades y matriz de conmutación
 - ✓ Protección de tributarios por caminos duplicados.
 - ✓ Tipo de conmutación automática o bloqueada.
- Sobre terminales de línea de fibra óptica:
 - ✓ Corte automático del láser (*Shutdown Laser*).
- Sobre radioenlaces SDH:
 - ✓ Control automático de potencia ATPC: habilitación y cambio de umbrales.
 - ✓ Programación de umbral de alarmas de tasa de error rápida Fast-BER.
- Sobre la conmutación automática:
 - ✓ Conmutación uni-direccional o bi-direccional.
 - ✓ Conmutación automática y manual. Inhibición de conmutación.
 - ✓ Activación de un canal ocasional en la reserva.
 - ✓ Conmutación reversible y tiempo de espera (*wait-to-restore*).
 - ✓ Umbrales de conmutación por BER.
- **AVERÍAS** (para visualizar el estado de alarmas y la historia de las mismas):
 - Vigilancia de alarmas y localización de averías.

- Estado actual e histórico de alarmas.
 - Posibilidad de separación entre alarma y estado (conmutación, sincronismo, test).
 - Posibilidad de actuar sobre alarmas audibles. Reconocimiento de alarmas.
 - Pruebas a solicitud o periódicas. Posibilidad de *Loopback* para pruebas de circuitos.
 - Cambio de categoría de alarmas(urgente, no-urgente, indicativa).
 - Filtro de alarmas: inhabilitación de alarmas y estaciones.
 - Estadística e historia de alarmas (tiempo de duración y número de veces de eventos)
- **CALIDAD O PERFORMANCE** (para mediciones de calidad del servicio):
 - Mediciones analógicas: .Sobre radioenlace: potencia de transmisión y recepción.
 - Sobre sistemas ópticos: potencia del láser y corriente de polarización.
 - Monitoreo de BER, análisis de la performance mediante G.821/G.826.
 - Configuración de atributos: Cambio de umbrales, filtro temporal de mediciones, etc.
 - Gestión de tráfico y de red, observación calidad de servicio.
 - **CONTABILIDAD:**
 - Conteo de eventos: conmutaciones y actividad de punteros.
 - Medir el uso del servicio de la red.
 - Determinar costos. Funciones de facturación.

3 CAPÍTULO III

3.1 ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

3.1.1 MULTIPLEXOR DIGITAL SÍNCRONO AXD 620 – 2

3.1.1.1 Información General

El AXD 620 -2 es un multiplexor síncrono de extracción/inserción con interfaces de 155 Mbps. (STM-1) eléctricas y 622 Mbps. (STM-4) ópticas. El equipo de línea síncrono AXD 620-2 es un sistema modular y puede apartarse fácilmente para cumplir con los diferentes requisitos que aparecen en las redes locales, regionales o de larga distancia. El equipo puede montar interfaces de tributario PDH y SDH para permitir la máxima flexibilidad en las diferentes aplicaciones de red.

La flexibilidad en la asignación de ancho de banda es también posible en el lado de línea, que puede ser equipado tanto con interfaces eléctricas (STM-1) como ópticas (STM-4). El AXD 620-2 es capaz de conmutar a los niveles de contenedor virtual VC12, VC2, VC3, VC4 y VC4-Xc con una capacidad total de interconexión de 16 señales STM-1 equivalentes.

Todos los parámetros configurables así como el estado del sistema pueden ser monitorizados y controlados a través del terminal local (*interfaz F*) o un sistema de gestión remoto (*interfaz Q o canal Qecc*). A continuación se relacionan las características principales del sistema:

➤ Esta construido de acuerdo con las recomendaciones ITU-T G.781, G.782, G.783, G.784, G.812, G.823, G.957 y G.958, aceptando además señales SDH según especifican las recomendaciones ITU-T G.707, G.708, G.709 y ETSI 300 147, así como las señales PDH de acuerdo con las recomendaciones ITU-T G.703, G.742, G.751 y G.755;

➤ Todo el multiplexor está alojado en un subbastidor diseñado de acuerdo con los requerimientos ETSI 300 119 (H=650 x W=535 x D=270 mm);

- Acepta señales tributarias síncronas y/o plesiócronas de diferentes estándares y velocidades de bit;
- Multiplexación de las señales tributarias dentro de señales síncronas STM-1 o STM-4;
- Acceso directo a los tributarios de baja velocidad sin necesidad de multiplexar/demultiplexar completamente la señal de alta velocidad;
- Interconexión de las señales entrantes desde las unidades de tributarios síncronos y plesiócronos por medio de una estructura de interconexión sin bloqueo. La interconexión se puede realizar entre cualquier señal VC12, VC2, VC3, VC4 y VC4-Xc simultáneamente y en cualquier proporción hasta llegar a la capacidad máxima total;
- Todos los parámetros de configuración, así como el estado de trabajo y alarmas, pueden ser monitorizados constantemente por medio de un ordenador personal (vía el Interfaz F utilizando Login local o vía los canales DCC utilizando Login Remoto) o el centro de gestión de red (vía el Interfaz Q o los canales DCC);

3.1.1.2 Configuración

El AXD 620-2 dispone de un amplio rango de configuraciones y aplicaciones en red para realizar complejas y diferentes funciones de red. El equipo puede dimensionarse en dos configuraciones diferentes de acuerdo con la función que vaya a realizar. Los tipos de configuraciones disponibles son principalmente:

- Multiplexor Terminal STM-1 / STM-4: multiplexa/demultiplexa señales tributarias en una interfaz de línea STM-1 ó STM-4.
- Multiplexor de Extracción/Inserción STM-1 / STM-4: extrae/inserta señales desde dos interfaces de línea STM-1 ó STM-4 desde/hacia las interfaces de tributario.
- DXC: opera con un pequeño sistema de interconexión cruzada (DXC 4/1); se equipan los lados de línea y tributario con interfaces STM-1 ó STM-4.

El equipo puede ser utilizado en configuraciones de red tipo cadena, anillo o malla en el área de distribución de una red pública o privada.

3.1.1.3 Lista de Unidades

Todas las configuraciones pueden ser creadas combinando adecuadamente las siguientes unidades:

➤ Unidades de Comunicaciones y Control (Com&Contr): proporciona un control del equipo a alto nivel y conecta con el ordenador personal en funciones de control local (vía el interfaz F) y con el centro de gestión de red remoto (vía el interfaz Q) para descargar los programas de gestión de la unidad y reportar alarmas detectadas;

➤ Unidad de Terminación de Repisa (EOS): proporciona indicación visual de las alarmas, emite contactos a tierra hacia un emplazamiento remoto y almacena el *back-up* de datos de configuración del equipo;

➤ Unidad STM-1 Eléctrico / Mux (STM-1 E/M): puede manejar una señal STM-1 con interfaz de línea eléctrico;

➤ Unidad STM-4 Óptica / Mux (STM-4 OM): puede manejar una señal STM-4 con diferentes interfaces ópticas (S-4.1, L-4.1, L-4.2, L-4.3, JE-4./3);

➤ Unidad de Conmutación (SW): puede interconectar a nivel de Contenedor Virtual VC12, VC2, VC3, VC4 y VC4-Xc con una capacidad de interconexión total de 16 señales STM-1 equivalentes;

➤ Unidad de Tributario 32x2/1.5 Mb/s: puede aceptar hasta treinta y dos (32) tributarios de 2 Mbps. o 1.5 Mbps. y realiza el mapeo/demapeo de los canales G.703 en/desde el nivel TU12;

➤ Unidad de Tributario 63x2/1.5 Mb/s: puede aceptar hasta sesenta y tres (63) tributarios de 2 Mbps. o 1.5 Mbps. y realiza el mapeo/demapeo de los canales G.703 en/desde el nivel TU12;

➤ Unidad de Tributario 2x140/155 Mbps: puede aceptar hasta dos (2) tributarios de 140 Mbps. o 155 Mbps. y realiza el mapeo/demapeo de los canales G.703 en/desde el nivel de VC4;

➤ Unidad Repetidora (BST): puede amplificar la señal óptica entrante STM-4 hasta alcanzar niveles de potencia de hasta +10 y +12 dBm;

3.1.1.4 Medio de Transmisión

El equipo AXD 620-2 funciona sobre fibras ópticas monomodo. Las fibras ópticas deben cumplir con las recomendaciones ITU-T G.652, G.653 y G.654. En términos de dispersión, las fibras G.652 permiten una dispersión optimizada a la longitud de onda de 1300 nm., las fibras G.653 a 1550 nm. No obstante, las fibras G.652 pueden ser empleadas para ambas longitudes de onda, las fibras G.654 proporcionan una atenuación óptica optimizada (pérdidas mínimas) a 1550 nm. Es requisito indispensable, que el equipo este de acuerdo con la unidad de conector óptico para 1300 nm y 1500 nm.

3.1.2 MULTIPLEXOR DWDM ADM OPTERA METRO 5200

El Optera Metro 5200 es un multiplexor DWDM de Extracción/Inserción que actúa como punto de entrada a la capa óptica, haciendo posible la extracción e inserción de canales ópticos individuales. Este equipo entrega hasta 32 longitudes de onda por una sola fibra óptica a través de la tecnología DWDM y su arquitectura modular y abierta permite lo siguiente:

- Escalabilidad de Red
- Manejabilidad por longitud de onda
- Alta Velocidad independiente del protocolo

De forma genérica el OPTera Metro 5200 realiza las siguientes funciones:

- Obtención de señal de la fibra
- Demultiplexación de los 4 canales (tarjeta OMX)
- Conversión O/E (tarja OCLD), también realiza la monitorización.
- Conmutación Eléctrica (tarjeta OCM)
- Procesado del señal
- Conversión E/O y conexión con el equipo cliente (OCI) o salida a través del anillo.

La siguiente figura proporciona una vista frontal del equipo



Figura 3.1. Equipo Optera Metro 5200

El Optera Metro 5200 es un sistema de gran velocidad que puede apoyar los protocolos ópticos de 50 Mbps a 1.25 Gbps. Soporta OC-48/STM-16, OC-192/STM-64, y 10 GbE capa física de la red de área extendida (WAN PHY). Este sistema también puede soportar hasta 400 Gbits de tráfico desprotegido.

Con DWDM, la información es multiplexada sobre longitudes de onda específicas llamadas canales ópticos. En el Optera Metro 5200, los canales siguen las recomendaciones de UIT-T, y el sistema soporta longitudes de onda entre 1528 nm y 1606 nm (centrado a 1550 nm) con 200 GHz de espacio entre canal. Las 32 longitudes de onda están divididas en 8 sub-bandas de 4 canales cada una. La banda C comprende las primeras 4 sub-bandas y la banda L las siguientes 4 bandas, las 32 longitudes de onda son transmitidas sobre una sola fibra óptica y pueden ser manejadas separadamente.

El Optera Metro 5200 además de proporcionar velocidad de tráfico y protocolo independiente de transporte óptico; permite ahorrar costos consolidando infraestructuras múltiples en una sola de forma transparente.

3.1.2.1 Acceso

El Optera Metro 5200 proporciona el transporte óptico rentable y la oportunidad de introducir los nuevos servicios de acceso comercial a las compañías en operación.

Beneficios:

➤ Capacidad de servicio: Habilidad de ofrecer canales (32 protegidos ó 64 desprotegidos) bidireccionales sobre un par de fibra, permitiendo a compañías en operación, la reducción significativa del costo en la entrega de servicios a localidades comerciales. Este par de fibra puede soportar servicios como ATM, IP, Gigabit Ethernet y video.

➤ Mantenimiento Rápido: elimina la necesidad de poner fibras adicionales a localidades comerciales reduciendo de esta forma el tiempo y proporcionando ventajas competitivas.

3.1.2.2 Tipos de tarjetas

En el Optera Metro 5200 podemos encontrar los siguientes tipos de tarjetas:

- **Optical Multiplexer (OMX)**: Es un multiplexor/demultiplexor capaz de soportar 4 longitudes de onda (una banda). Cada OMX contiene filtros ópticos en las que son añadidas o removidas las longitudes de onda de forma selectiva.
- **Optical Channel Laser and Detector Circuit Pack (OCLD)**: La tarjeta OCLD recibe la señal eléctrica del cliente a través del backplane y la convierte a una longitud de onda DWDM. Existen 2 tipos:
 - Una Gigabit Ethernet a 1.25 Gbps para utilizar con trafico hasta 1.25 Gbps.
 - Una SONET/SDH a 2.5 Gbps para utilizar con trafico STM-16 (OC-48).

Las tarjetas OCLD se identifican a través de una banda (de la banda 1 a la banda 8) y por un canal dentro de la banda (canales de 1 a 4).

- ***Optical Channel Manager (OCM)***: El gestor de canales ópticos guarda los datos de configuración y el estado actual del equipo, y realiza las funciones de protección a nivel de canal. La tarjeta opera a 1,25 o 2,5 Gbps. También gestiona las conexiones de add/drop y las conexiones entre las OCI y las OCLD para las operaciones de add/drop y las conexiones entre OCLDs para las operaciones de passthrough. En cada equipo OPTera hay dos tarjetas OCM para asegurar la integridad de los datos en caso de que una OCM falle.
- ***Optical Channel Interface (OCI)***: La tarjeta OCI es la interfaz entre el equipo cliente y el OPTera. Es posible instalar hasta 8 OCIs en cada equipo. Según cual sea la configuración, cada señal cliente utiliza uno o dos recorridos (enlace protegido o no protegido).
- ***Optic Fiber Amplifier (OFA)***: Es una tarjeta que amplifica señales banda C (tercera ventana – 1550 nm -) y banda L (cuarta ventana – 1625 nm- en proceso de desarrollo), usando amplificadores dopados con Erblio (EDFA), que son los que hacen posible el transporte de gran cantidad de información posible en DWDM, al transmitir a largas distancias (600 km mínimo – 8000 km máximo), regenerando las señales que han perdido potencia a su paso por la fibra. La OFA reduce las señales degradadas que se dan cuando es aumentado el número de nodos en la red.
- ***Shelf Processor (SP)***: Esta maneja las funciones de comunicación y monitoreo de todas las tarjetas, para determinar el estado del equipo Optera Metro 5200. El SP proporciona lo siguiente:
 - Administración local.
 - Software y configuración del administrador.
 - Visibilidad del estante.
 - Monitoreo del funcionamiento.
 - Comunicación del sistema.

3.1.2.3 Asignación de recursos

El Optera Metro 5200 no posee una matriz de conexión completa, lo que impide poder conectar cualquier señal cliente con cualquier canal óptico. Por lo tanto se deben respetar una serie de reglas para conectar OCIs y OCLDs.

3.1.2.4 Posibilidades de la red de Opteras

Con este equipamiento actualmente disponible, y teniendo en cuenta que los clientes acceden a la red mediante GbE, las posibles estructuras que se pueden formar con dos y tres nodos, son las que se muestran en las figuras siguientes. También se proporciona la máxima capacidad de transporte de cada estructura.

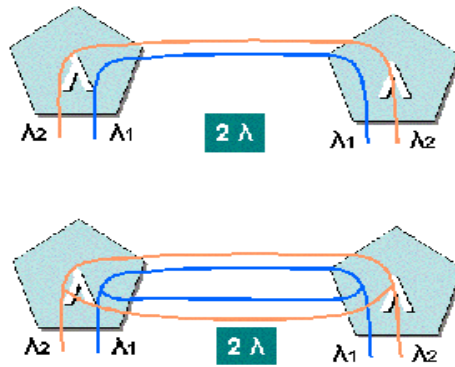


Figura 3.2. Estructuras con dos Nodos

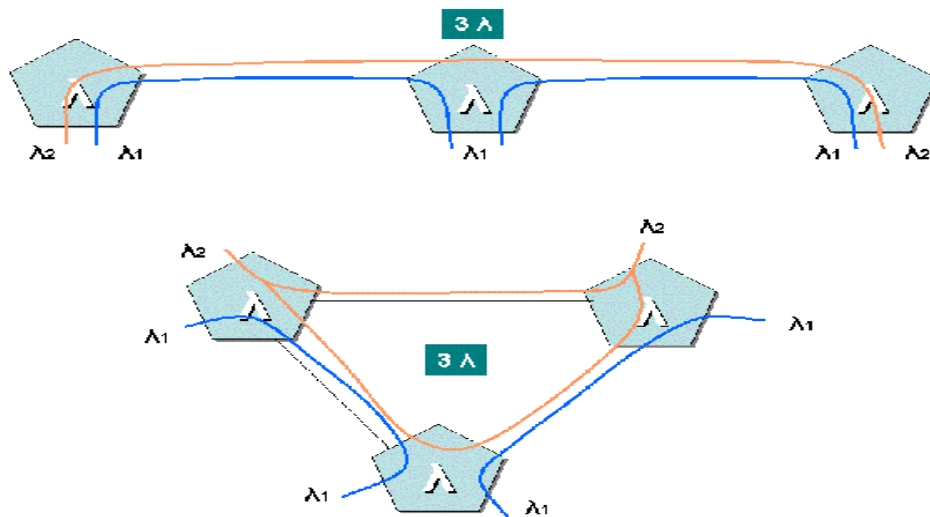


Figura 3.3. Estructuras con tres Nodos Optera Metro 5200

3.2 GESTIÓN DE EQUIPOS

3.2.1 CENTRO DE OPERACIONES DE LA RED (COR)

En el centro de operaciones de la red se encuentra el personal encargado de la supervisión y monitoreo durante las veinticuatro (24) horas del día de las redes de transmisión de la CANTV. Consiste en una sala con monitores gigantes que presentan en forma gráfica la estructura de la red de CANTV y alerta a los operadores de forma visual y auditiva cuando se presenta una falla.

3.2.1.1 Funciones de la Gerencia de Monitoreo y Control

- Monitorear y controlar permanentemente la red de telecomunicaciones asociada al COR. Identificar y evaluar acciones correctivas de configuración en caso de restricción del servicio.
- Dirigir y Controlar el proceso de escalamiento de restauración del servicio en las unidades de operaciones y mantenimiento, soporte técnico en línea y proveedores.
- Documentar y actualizar la información referente a la atención y resolución de alarmas que afecten a la red de telecomunicaciones.
- Efectuar acciones correctivas de restauración del servicio en caso de fallas en el proceso de escalamiento.
- Coordinar y controlar con otras empresas de telecomunicaciones, las acciones operativas de prestación de servicio.

3.2.1.2 El Gestor de la Red (ETNA NEM)

El gestor de la red es un software creado para el monitoreo y supervisión de las redes de transmisión existentes en el área metropolitana y Venezuela. A través de ésta se puede observar en detalle el estado de cualquier dispositivo a nivel nacional, y modificar su configuración para la mejora y reorganización de la red. El gestor de la red utiliza la plataforma de Go-Global para controlar el personal que ingresa al sistema, a través de un *Login* y una Contraseña.

El sistema utiliza dos productos:

- Manejador de elementos (EM).
- Manejador de redes (NM).

Los cuales consisten de:

- Una plataforma de *software* y *hardware* comercial.
- Un paquete de *software* que puede correr bajo plataformas comerciales y puede ser configurado en forma modular según los requerimientos para el control de las redes.

3.2.1.2.1 Element Management (EM)

El manejador de elementos es la sección del sistema donde los diferentes equipos que conforman una red de transmisión pueden ser observados en forma grupal o detalladamente. En el Centro de Operaciones de la red existen dos manejadores de la red debido a la capacidad de equipos conectados a la red, estos son el EM1 y EM2. En la figura 3.4 se puede observar la pantalla principal del EM con todos los dispositivos que conforman un anillo del área metropolitana.

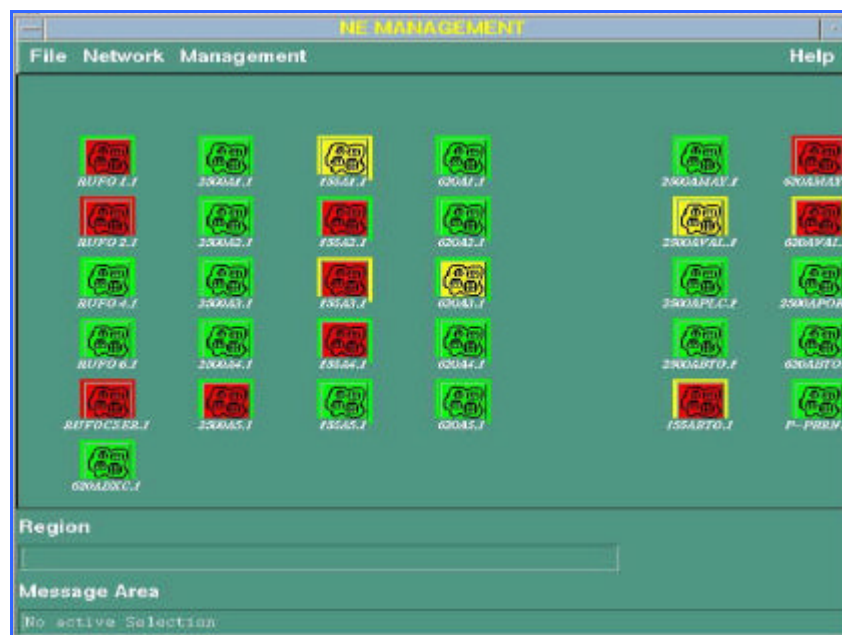


Figura 3.4. Element Management

Presionando sobre los dispositivos que conforman el anillo se muestra una pantalla que simula de manera exacta la perspectiva física del equipo SDH. En esta imagen que se observa en la Figura 3.5 se detallan las tarjetas y el estado de

funcionamiento de cada una de ellas, así mismo éstas pueden ser configuradas a través del sistema, en este caso particular se muestra como se ve el equipo AXD 620-2 en el sistema gestor de equipos SDH de Ericsson que utiliza el centro de operaciones de la red que se llama ETNA NEM.

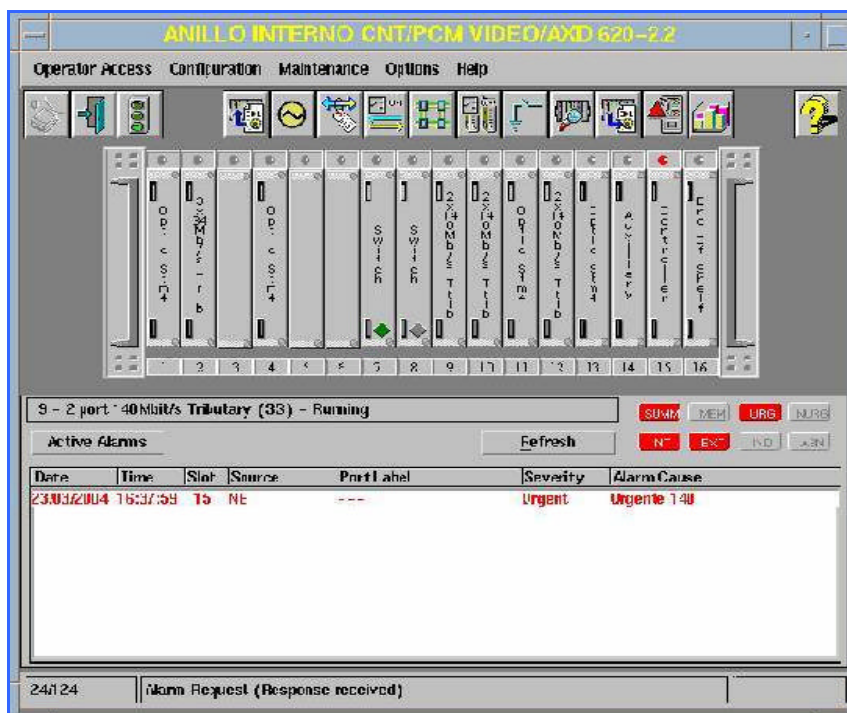


Figura 3.5. Vista de un equipo SDH en el EM

En caso de presentarse una falla, el EM registra la tarjeta afectada, tipo de equipo alarmado, grado de la alarma, fecha y hora de inicio y fin de falla, además del puerto donde la misma fue detectada.

3.2.1.2.2 Network Management (NM):

En el manejador de la red se pueden observar las interconexiones que existen entre los diferentes equipos que forman un anillo a nivel urbano o nacional. Estas conexiones o circuitos se representan a través de líneas azules llamadas "links". Las funciones principales del NM son:

- Manejo de subredes sobre redes bases, conociendo la topología de la red (definida en términos de los elementos de la red y circuitos).
- Manejo de los aspectos funcionales de la red (conexiones, puertos, etc.).

Los recursos sobre los cuales estas funciones aplican son:

- Puntos de conexión.
- Subredes.
- Circuitos.
- Rutas.

El acceso desde el NM a la red SDH a través de la interfaz de uno o más EMs. Los EMs comparten sus bases de datos con el NM intercambiando su información respecto a los puntos de conexión y acceso a todas las alarmas y configuración de los equipos disponibles en la red.

Así mismo al seleccionar cualquiera de los anillos pertenecientes al NM puede observarse en detalle los circuitos (enlaces) que conforman este anillo al igual que los equipos utilizados.

Para observar las alarmas se utiliza el panel de alarmas del NM, donde se presenta el enlace alarmado, nivel de seguridad, tiempo de inicio y finalización de falla entre otras características. Sin embargo, como aquí sólo se observa el circuito general alarmado, se puede obtener más detalle hasta encontrar exactamente cual o cuales equipos SDH dentro de la ruta se encuentran alarmados.

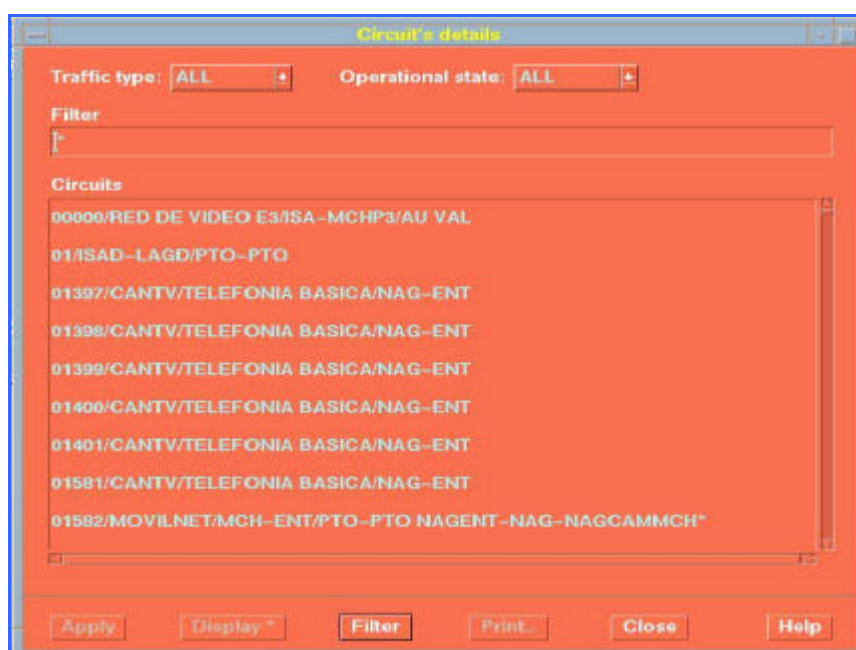


Figura 3.6. Panel de alarmas del NM

4 CAPÍTULO IV

4.1 MARCO METODOLÓGICO

4.1.1 PANORAMA DEL SISTEMA

La empresa de Telecomunicaciones CANTV desea desarrollar e implementar una “alternativa” externa de monitoreo y supervisión de la operatividad de un enlace DWDM y equipos que lo conforman, basado en la comunicación entre dos equipos de tecnologías distintas y para los cuales no fueron concebidas interfaces de comunicación entre ellos, que reporte los estados de alerta a través de la red de gestión y sistema gestor de equipos de transmisión SDH ubicados en el Centro de Operaciones de la Red (COR) de la CANTV. Esta propuesta surge de la necesidad de una supervisión permanente del estado del enlace y los elementos que lo conforman debido a la gran cantidad de información que será intercambiada entre los dos nodos DWDM que serán próximamente puestos en operación para atender al cliente Premium Banco Mercantil.

Es lógico imaginarse que un enlace con tan alto flujo de información como lo es uno DWDM como el mencionado, este provisto de un sistema de gestión recomendado por el proveedor de equipos, que en el caso de los Nodos DWDM es la casa Nortel Networks y sus equipos son de la serie Optical Metro 5000, y que, para el caso particular del enlace DWDM punto a punto a supervisar se utilizaron dos nodos Optera Metro 5200. El sistema de gestión para estos equipos basa su comunicación en el protocolo TCP/IP, no siendo este protocolo el más óptimo si lo que se desea es el monitoreo y control permanente de la operatividad del enlace, ya que, esto implicaría mantener una dirección IP ocupada en el envío de paquetes sin información relevante a menos que sucediese una eventualidad, lo cual no ocurre con mucha frecuencia.

Debido al inconveniente que presenta para el monitoreo del enlace el uso del protocolo IP es que nace la propuesta de este proyecto por parte de la Coordinación de Operación y Mantenimiento de Transmisión Urbana de la

CANTV, encargados directamente del mantenimiento de enlaces y equipos de transmisión para garantizar operatividad.

El desarrollo de este proyecto permitirá además reducir el tiempo de respuesta de las cuadrillas de técnicos ante situaciones de alerta en el enlace, ya que la falla será detectada y diagnosticada inmediatamente por los ingenieros de monitoreo y control que laboran en el COR a través del sistema gestor de los equipos SDH ETNA NEM.

4.1.1.1 Sistema de Gestión Actual del enlace DWDM

Como hemos mencionado anteriormente el enlace DWDM basado en equipos Nortel Networks está basado en protocolo IP. El sistema de gestión utilizado para administrar este enlace se denomina: System Manager. Este software fue instalado en un PC *Desktop* con las características abajo mencionadas, el cuál se ubicó en el piso 2, sala de monitoreo transmisión del COR-CANTV, ubicado en Los Palos Grandes.

Los componentes requeridos para implementar la red de gestión (DCN) son los siguientes:

- *Software System Manager* para OM5200
- RTUs (*System Manager RTU*, N.E. RTU REL 4.0): una RTU por cada shelf OM5200
- *Router switch* Cisco 2500: servirá para implementar la LAN de gestión, permitirá conectar al router de la DCN (COR).

La interconexión del equipo de gestión (routers), se realizó a través de circuitos frame relays con velocidad de 128 Kbps; desde el COR hacia la sede de el Banco Mercantil en la Av. Andrés Bello para el enlace principal, y desde el COR hacia la sede de IBM ubicada en Chuao para el enlace de *backup*.

Es importante destacar que este sistema sólo realiza funciones de gestión para el mantenimiento y provisionamiento de enlaces, y no esta dotado de equipamiento adicional para la supervisión y monitoreo de estados de alarmas, fallas de equipos, etc.

A continuación en la Figura 4.1 se muestra un diagrama de la arquitectura del sistema de gestión instalado:

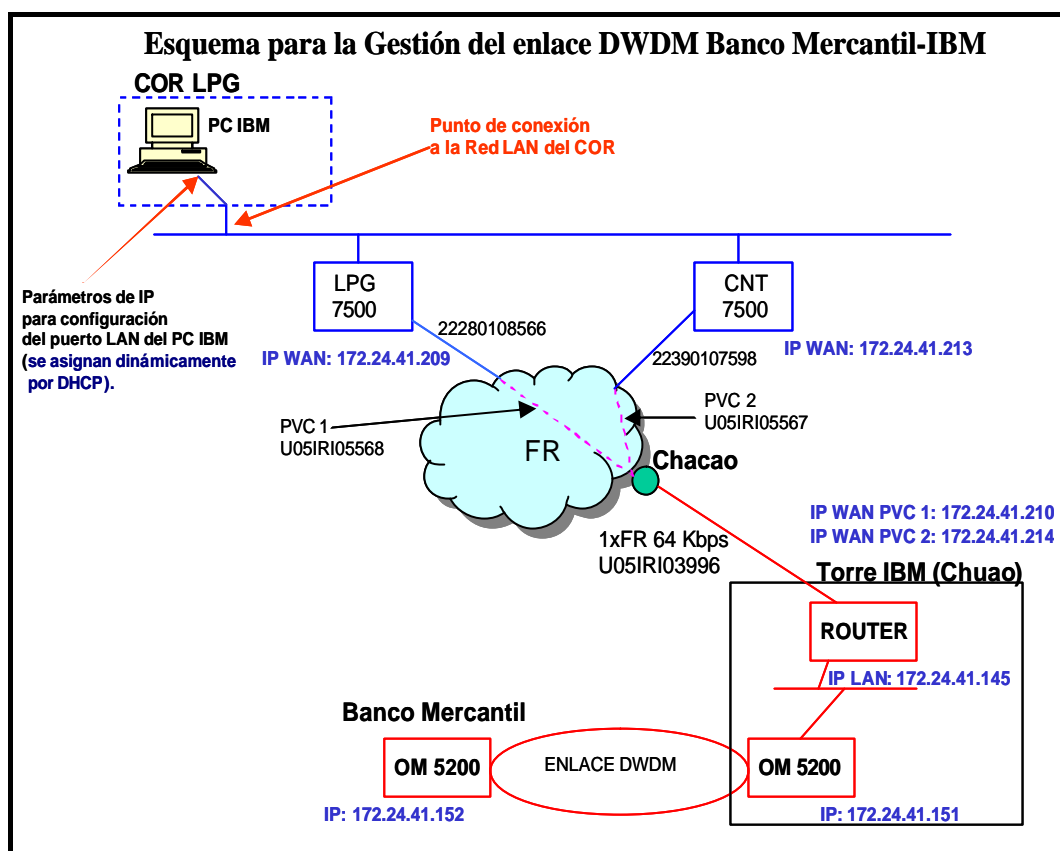


Figura 4.1. Esquema de gestión del enlace DWDM

4.1.1.2 Determinación de la factibilidad

Para poder evaluar y determinar la factibilidad de un proyecto o una solución en el área de ingeniería, se deben examinar tres principios básicos: los aspectos técnicos, los aspectos económicos y los aspectos operativos asociados a la propuesta. Luego que el proyecto o la solución satisfagan estos tres principios, entonces se establece la posibilidad cierta para su posterior desarrollo. Básicamente factibilidad quiere decir que la propuesta o solución sugerida auxilia a la organización o ente a lograr sus objetivos principales y cubre las metas con los actuales recursos de la organización en las tres áreas siguientes:

1. Factibilidad técnica.

- Actualmente la corporación CANTV cuenta con los recursos tecnológicos en cuanto a *software* y *hardware* necesarios para

realizar un buen diseño dando solución a la propuesta. Además, se tomarán en cuenta las características técnicas de los equipos y accesorios necesarios para el diseño.

2. **Factibilidad económica.**

- Los costos y gastos asociados al personal empleado para este desarrollo radicarían en la contratación de un pasante para realizar el diseño, durante 24 semanas de labor continua, en días laborales por 8 horas diarias como apoyo a la unidad de operación y mantenimiento de transmisión urbana y a la unidad de monitoreo y control.

3. **Factibilidad operativa.**

- Una vez realizado el diseño se deberá proceder a realizar el desarrollo de la propuesta y las pruebas respectivas que comprueben el buen funcionamiento de la implementación y la configuración de equipos mediante *software* respectivo.

4.1.1.3 Estudio de las topologías actuales

Para poder establecer y definir la unidades y equipos que fueron involucrados en el desarrollo de la alternativa externa de monitoreo del enlace DWDM, fue necesario un estudio de la topología actual de la red SDH de la CANTV y la red de gestión, para que luego estas unidades pudieran ser configuradas a través de los sistemas gestores respectivos (ETNA NEM para SDH y *System Manager* para DWDM).

Al estudiar la red de transmisión tanto PDH como SDH que forma parte de la CANTV nos damos cuenta de la gran complejidad de la misma debido a la gran cantidad de anillos SDH urbanos e interurbanos que se interconectan entre si, además de la variedad de equipos, ya que, coexisten equipos de transmisión de las casas ALCATEL, ERICSSON, TELETRA y NEC. Como el objetivo de este proyecto no es el estudio de la red de transmisión SDH, sólo se estudió el anillo al cual pertenece el equipo que estará involucrado directamente en el desarrollo del sistema.

El anillo al cual pertenece el equipo SDH involucrado en el sistema es el RUFO 1. Algunos de los anillos pertenecientes a la red de transmisión de la CANTV son llamados RUFOS para denotar la velocidad a la cual se transmite por la fibra, en este caso STM-4 ó 620 Mbps, ya que existen otros dos niveles a los cuales se transmite, que son el STM-1 ó 155 Mbps y STM-16 a 2.5 Gbps. A continuación en la figura 4.2 se muestra un diagrama de la ruta y nodos que conforman el anillo SDH RUFO 1.

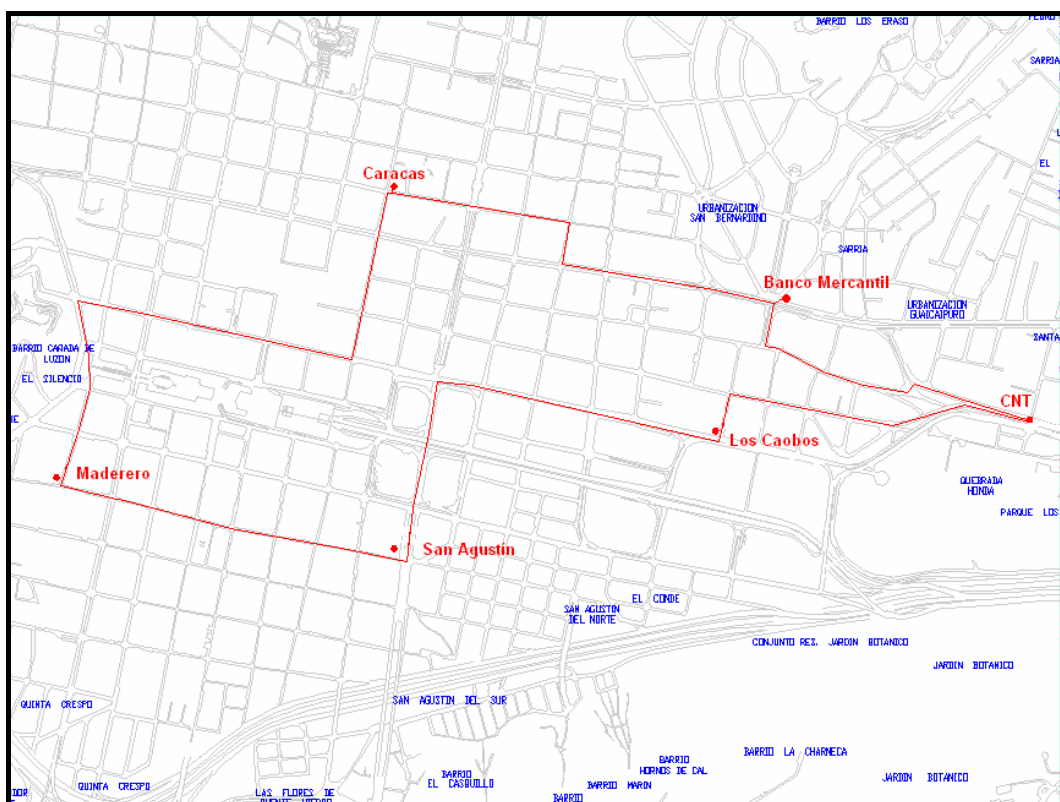


Figura 4.2. Diagrama del Anillo SDH RUFO 1

Como puede apreciarse en la figura 4.2 uno de los nodos del anillo SDH (AXD 620-2) se encuentra ubicado en la sede del Banco Mercantil al igual que el equipo Optera Metro 5200, por lo que se puede pensar que la solución a desarrollar no tendrá que ver con una comunicación remota, ya que, físicamente los equipos se encuentran dentro de la misma sala de transmisión y cualquier tipo de conexión física entre equipos será de fácil implementación.

Es importante destacar que para la gestión de este anillo, la conexión hacia la red Ethernet se realiza en el nodo ubicado en el Centro Nacional de Telecomunicaciones (CNT), mientras que el resto de los nodos que lo conforman

se comunican mediante los Canales de Comunicaciones de Datos (DCC) que se establecen dentro de la Trama SDH para la comunicación de gestión. En CNT se encuentra una de las 7 estaciones de trabajo para monitoreo, control, provisionamiento y configuración de equipos de transmisión SDH.

Para el caso del enlace DWDM, la siguiente figura muestra un esquema de las rutas y arquitectura del mismo:

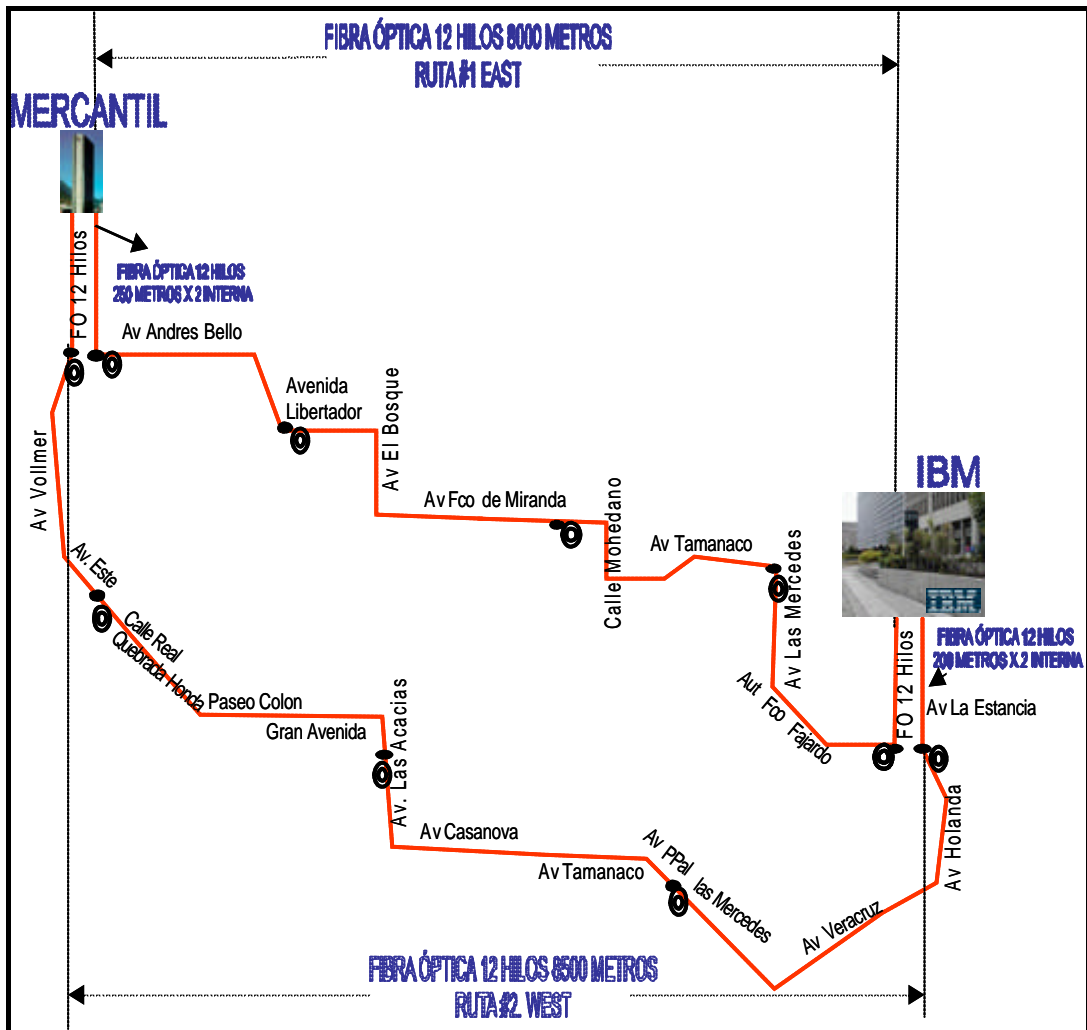


Figura 4.3. Diagrama de rutas del enlace DWDM.

4.1.1.4 Análisis y Consideraciones del Panorama

Con lo expuesto en capítulos anteriores y en especial en este capítulo, se puede tener una visión general de los pasos a seguir para desarrollar una solución óptima al problema planteado:

- Como hemos comentado con anterioridad, la solución estará basada en la comunicación entre los equipos AXD 620-2 y Optera Metro 5200, por lo que el éxito de la misma depende en gran parte de que se pueda establecer una comunicación óptima entre ambos.
- Implementación de conexiones físicas requeridas y desarrollo del software necesario para establecer la comunicación entre equipos.
- Configuración, disposición y etiquetado de alarmas en cada una de las plataformas de gestión para los equipos, ya sea mediante comunicación remota o local.
- Realizar pruebas que validen el funcionamiento de la implementación y configuración de *software* mediante la creación de estados de alarma reales.

5 CAPÍTULO V

5.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1.1 ESTABLECIMIENTO DE UNIDADES INVOLUCRADAS

Para poder establecer la comunicación entre los equipos es necesario definir cuales son las unidades involucradas para el estudio de su interfaces respectivas para verificar si es factible la transmisión de las señales de alarma entre el equipo Optera Metro 5200 y el AXD 620-2. Para esto, fue necesario acudir a los manuales respectivos de los equipos, ya que, la información disponible en algunos portales de Internet es muy limitada.

5.1.1.1 Ericsson AXD 620-2

En primer lugar se estudió el multiplexor síncrono SDH AXD 620-2 y sus posibles interfaces para comunicación, y al indagar en el manual de equipo donde se encuentran todas las características técnicas generales encontramos que el equipo no dispone de una interfaz que pudiera ser dedicada a la conexión con otros elementos de red como por ejemplo el Optera Metro, ya que, fue concebido prácticamente solo para comunicarse con otros elementos que usen su protocolo de comunicaciones (SDH), el centro de gestión y la comunicación vía una interfaz serial a través de un PC.

Aunque el equipo no dispone de una interfaz que pudiera ser dedicada a la comunicación con el Optera Metro 5200, en el manual del equipo se muestra un amplio rango de configuraciones y aplicaciones para realizar complejas y diferentes funciones de red, el equipo está provisto de un conector de teleseñales que está ubicado en la unidad de terminación de repisa que ofrece la facilidad de gestionar contactos a tierra entrantes desde el conector de teleseñales.

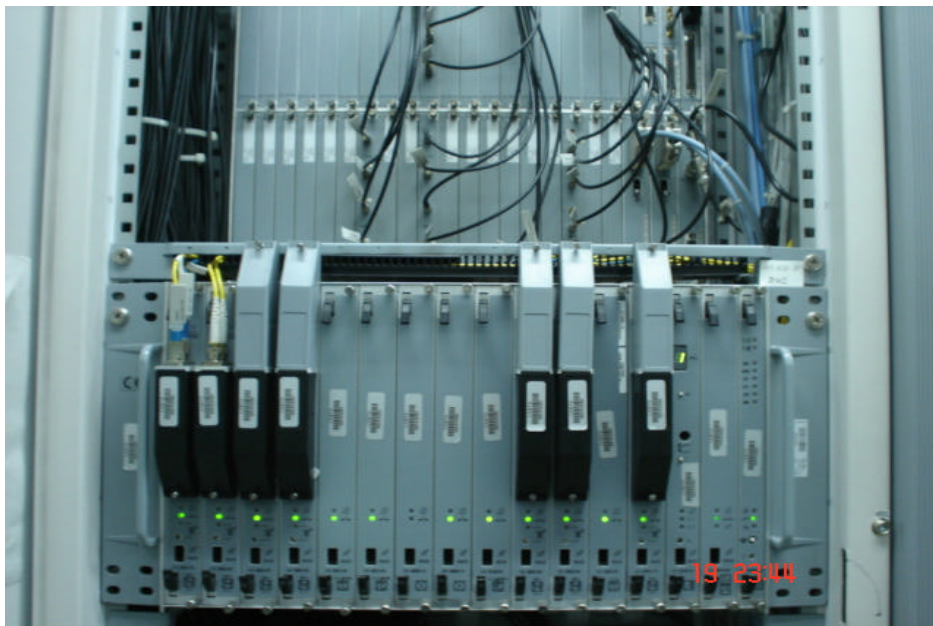


Figura 5.1. Vista de un bastidor AXD 620-2

5.1.1.1.1 Teleseñales

Hay dos tipos diferentes de operación con teleseñales:

- Transmisión de contactos a tierra hacia el conector de teleseñales
- Gestión de los contactos a tierra entrantes desde el conector de teleseñales.

5.1.1.1.2 Contactos a Tierra Transmitidos

Cuando se detecta una alarma, el equipo transmite contactos a tierra para hacer disponibles indicaciones resumidas (terminadas habitualmente en paneles centralizados de alarmas central).

Estas teleseñales, terminadas en el conector mencionado en la extensión de alarmas y EOW en la parte superior pueden definirse vía *software* de diferentes maneras. A continuación se relaciona la configuración por defecto de los contactos a tierra en el equipo:

Configuración por Defecto de los Contactos a Tierra más Importantes

- **URG** transmitida cuando se detecta una alarma **Urgente** en el subbastidor.

- **NURG** transmitida cuando se detecta una alarma **No Urgente** en el subbastidor.
- **IND_2/34/45/140/155/622** transmitida cuando se detecta una alarma de **Indicación** en un puerto de 2, 34, 45, 140, 155 ó 622 Mbps.
- **EXT_2/34/45/140/155/622** transmitida cuando se detecta una alarma **Externa** en un puerto de 2, 34, 45, 140, 155 ó 622 Mbps.
- **INT_2/34/45/140/155/622** transmitida cuando se detecta una alarma **Interna** en un puerto de 2, 34, 45, 140, 155 ó 622 Mbps.
- **ML_Q2** transmitida cuando se detecta una avería en la interfaz Q.
- **OR_BAT** transmitida cuando se detecta un fallo en uno de los voltajes de batería.
- **AND_BAT** transmitida cuando se detecta un fallo en los 2 voltajes de batería.
- **EXT_SYN** transmitida cuando se detecta un fallo en la fuente externa de sincronización de 2 MHz ó 2 Mbps.
- **INT_XC** transmitida cuando se detecta un fallo en la Unidad de Conmutación.
- **INT_CA** transmitida cuando se detecta un fallo en el circuito controlador de la Unidad de Comunicaciones y Control.
- **INT_MCF** transmitida cuando se detecta un fallo en el circuito de comunicaciones de la Unidad de Comunicaciones y Control.
- **INT_CLK** transmitida cuando se detecta un fallo en el circuito de comunicaciones de la Unidad de Comunicaciones y Control.
- **INT_OC** transmitida cuando se detecta un fallo interno en la Unidad de Comunicaciones y Control (alarma OR de **INT_CA**, **INT_MCF** e **INT_CLK**).
- **BF_SWF** transmitida cuando un “cierre de protección” o una “conmutación forzada” es activada sobre la protección MSP.
- **A_OR_SYN** transmitida como **OR** lógica de: **IND_155/622**, **EXT_155/622**, **INT_155/622**, **ML_Q2**, **INT_XC**, **INT_CA**, **INT_MCF**, **INT_CLK** e **INT_OC**.

5.1.1.1.3 Contactos a Tierra Recibidos

El AXD 620-2 gestiona la transmisión de hasta 4 contactos a tierra hacia el conector de telealarmas. Las características eléctricas de los contactos a tierra están definidas en concordancia con la **interfaz B**. Los contactos a tierra son detectados por la Unidad de Terminación de Repisa que los convierte en criterios de alarma y los emite hacia la Unidad de Comunicaciones y Control donde son gestionados como otra alarma. En el conector de teleseñales están disponibles los siguientes terminales para conectar los contactos a tierra externos.

TABLA 5.1. TERMINALES DISPONIBLES PARA CONTACTOS A TIERRA EXTERNOS

Terminal	Nombre de la Señal	Explicación
31	A_EXT_IN_1	Entrada de Alarma 1
32	A_EXT_IN_2	Entrada de Alarma 2
33	A_EXT_IN_3	Entrada de Alarma 3
34	A_EXT_IN_4	Entrada de Alarma 4

5.1.1.1.4 Indicación en LT y NMC

Mediante el LT (Local Terminal) o el NMC (*Network Management Center*) Centro de Gestión de Red que en nuestro caso particular es el COR, es posible presentar la información de cada raíz de alarma.

Esta información es:

- Tipo de alarma (LOS, AIS, etc.) identifica la raíz de la alarma.
- Fuente (Unidad de Conmutación, Unidad Óptica/Mux STM-N, etc.) identifica la fuente de la alarma
- Categoría (Urgente Interna, Indicación, etc.) identifica la categoría de la alarma.
- Estado Local (Atendida, Activa) identifica el estado de la alarma.

Las Categorías posibles definidas son:

- Urgente Interna.
- Urgente Externa.

- No Urgente Interna.
- No Urgente Externa.
- Indicación.
- No urgente Externa ML-Q¹
- Urgente Externa ML-Q

Cada categoría de alarma está dada por un valor por defecto que puede ser modificado vía software. Una configuración diferente cambiará todos los criterios para el encendido de los LED`s y las teleseñales transmitidas.

El Estado Local de la alarma puede ser:

- Inactiva alarma no activa.
- Activa alarma activa.
- Alarma atendida pulsando el botón en la Unidad de Terminación de Repisa o vía un comando de software.

Para cada equipo todas las informaciones de alarmas se almacenan además en un fichero log con indicación de la fecha, hora y los eventos de activación y desactivación que pueden ser presentados vía el Terminal Local LT o vía el Centro de gestión de Red COR.

Con lo estudiado hasta aquí vemos que existe la posibilidad de introducir el el AXD 620-2 mediante el uso del conector de teleseñales hasta cuatro posibles señales de alarma que serían transmitidas desde alguna interfaz en el Optera Metro 5200, por lo que se hace necesario ahora el estudio de las interfaces del equipo DWDM y determinar si se necesita la implementación de algún hardware adicional que permita la transmisión de las señales de alarma hasta el conector de teleseñales para luego mediante *software* realizar la configuración y definición de tipo, categoría y estado local de todas las alarmas a gestionar por el equipo SDH. Para la configuración y etiquetado de estas alarmas se hará mediante el uso de la interfaz F (Terminal Local) a través de un PC con el cual se podrá acceder al Sistema Gestor ETNA NEM.

¹ Mal Funcionamiento en la interfaz Q

5.1.1.2 Optera Metro 5200 de Nortel Networks

El Optera Metro 5200 es una plataforma óptica de multiservicio que trabaja a 10 Gbps, diseñada para aumentar la eficiencia de las redes metropolitanas, simplificar su instalación y llevar servicios de banda ancha a las zonas urbanas. Optera Metro 5200 forma parte de la cartera de productos SONET, DWDM y Ethernet Óptica de tercera generación de Nortel Networks.

Es un producto completamente adaptado para las operadoras, que les ofrece a ellos y a las empresas múltiples ventajas, que son:

- Integra la red haciéndola más eficiente.
- Aumenta su fiabilidad.
- La dota de una arquitectura de red abierta.

En otras palabras, es una plataforma de gestión de redes escalable que usa la tecnología, Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda (DWDM). La serie Optera Metro 5000, ofrece el transporte de múltiples servicios, ya sea con las tecnologías WDM, CWDM ó DWDM, aprovechando de igual manera un solo par de fibras, economizando así los costos.

El Optera Metro 5200 está provisto de un sistema de alarmas, advertencias y eventos; los que no pierden su status alarmado, en caso de que el equipo se reinicie por cualquier motivo. Las indicaciones de estas alarmas, advertencias o eventos, se pueden manifestar de la manera siguiente:

- Indicadores de alarma audible en el subbastidor.
- Indicadores de alarma visible en el tablero de mantenimiento.
- Indicadores de alarma visible en el administrador del sistema.

Las alarmas en este equipo se definen como crítica, crítica / mayor – crítica / menor, mayor y menor, presentando estas las siguientes características:

- **Crítica**, refleja las anomalías que afectan el tráfico y requieren atención inmediata.
- **Crítica / mayor – Crítica / menor**, es una alarma de doble severidad, se presenta cuando está averiada una fibra (path cords), afectado el tráfico

sin poder cambiarlo de ruta. Si la alarma se refiere a una tarjeta OCI, siempre es crítica.

➤ **Mayor**, es una falla que puede afectar el tráfico si no recibe atención inmediata.

➤ **Menor**, es la indicación de otra alarma o condición que no afecta el tráfico.

Las advertencias o alarmas intermitentes, reflejan fallas que no afectan el tráfico; indicando con anticipación que el equipo está fallando. Las intermitentes parpadean más de diez veces por minuto, actuando como advertencias, sin embargo, si éstas no están siendo supervisadas por algún ente no sirven de mucho, lo cual viene nuevamente a justificar la realización de este proyecto.

Los eventos, informan los cambios que ocurren en el equipo Optera Metro 5200; donde es pertinente considerar que todas las alarmas son eventos, pero no todos los eventos son alarmas.

El panel de mantenimiento se encuentra en la parte superior del bastidor del Optera Metro 5200, removiendo la cubierta frontal de este panel, se pueden observar ciertos conectores, entre ellos: puertos RS-232, puertos 10Base-T, Tarjeta de Visualización de Alarmas (VAC), Switchs (Power A – Power B), OMX interface y Cotel Card.

La Cotel Card está ubicada en la parte izquierda del panel de mantenimiento. Es una pequeña tarjeta que queda al descubierto cuando se remueve la tapa o cubierta del panel de mantenimiento; consta de dos hileras de 16 terminales cada una haciendo las funciones de una interfaz, bajo la norma 24-AWG (American Wire Gauge).

Esta tarjeta permite el monitoreo de alarmas del Optera Metro 5200, a través de sus terminales. De igual forma, es posible conectar a través de esta tarjeta un equipo o monitor local, a fin de obtener información de todas las unidades que conforman el equipo, activando o desactivando así las alarmas del mismo.

A través de esta interfaz al igual que en el equipo SDH existe una posible vía para la transmisión de las señales de alarma, solo hace falta verificar las características técnicas de estas interfaces para determinar si es necesaria la implementación de algún hardware específico, ya que, a nivel de *software* hace falta trabajar con las tres plataformas mencionadas con anterioridad para lograr una supervisión remota de las posibles fallas mediante un monitoreo de las indicaciones de alarma que configuremos mediante el uso de un terminal local en los equipos y un terminal remoto en el centro de operaciones de la red.

5.1.2 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE

Como hemos observado mediante el estudio a lo largo de este capítulo existe la posibilidad de transmitir señales de indicación de estados de alarma en el enlace DWDM, estas señales pueden ser transmitidas desde el equipo Optera Metro 5200 mediante el uso de la interfaz denominada Cotel Card hacia el equipo AXD 620-2 a través del conector de teleseñales. Para esto será necesario determinar si se requiere de hardware a implementar para la comunicación entre interfaces y cuales son los requerimientos de software para la configuración de las alarmas.

5.1.2.1 Hardware

El AXD 620-2 posee una unidad de extensión de Alarmas y EOW con un conector o interfaz DB 37 (Conector de teleseñales) mediante la cual es posible la gestión de hasta cuatro contactos a tierra enviados hacia el conector de teleseñales. Los contactos a tierra son detectados por la Unidad de Terminación de Repisa que los convierte en criterios de alarma y los emite hacia la Unidad de Comunicaciones y Control donde son gestionados como otra alarma. En la figura 5.2 se muestra la Unidad de extensión de Alarmas y EOW y en la figura 5.3 se muestra la distribución de los terminales del conector.

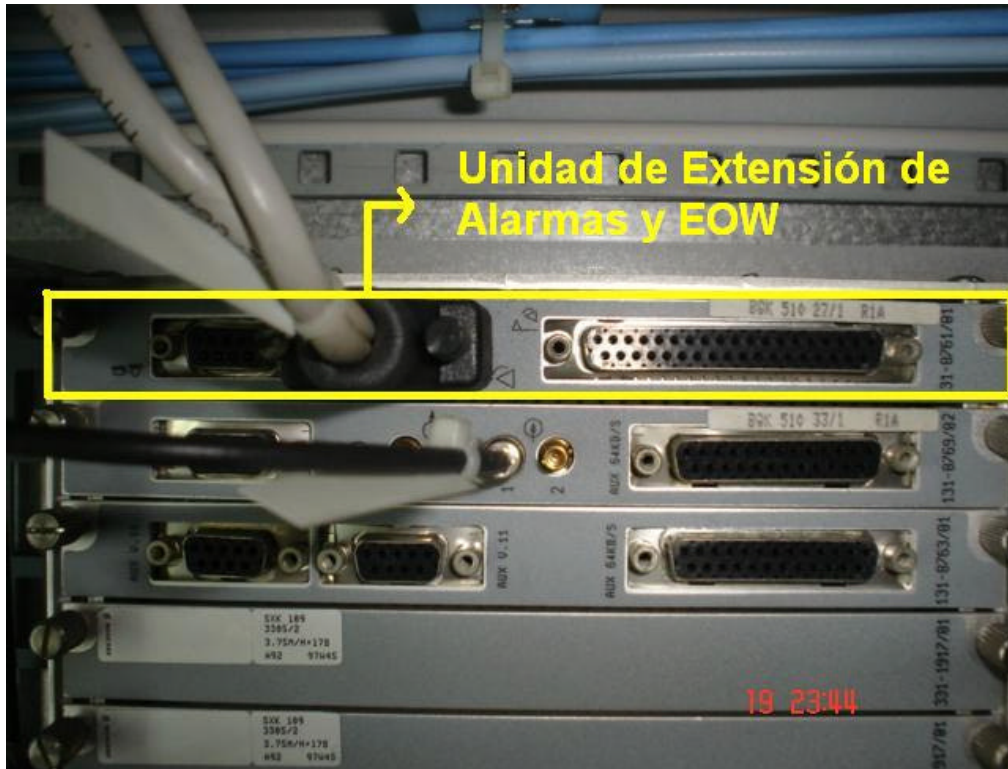


Figura 5.2. Ubicación de la Unidad de extensión de Alarmas y EOW

De los treinta y siete (37) terminales dedicados al conector de teleseñales solo cuatro (4) están reservados para la recepción de señales externas, por lo cual se hizo necesario un estudio superficial del conector, ya que para efectos de la realización de este proyecto solo nos interesa saber sus características técnicas para verificar si es eléctricamente compatible con las señales que serán transmitidas por la Cotel Card ubicada en el Optera metro 5200.

En la Figura 5.3 donde se muestra la distribución de los pines del conector de teleseñales donde se pueden diferenciar cuales son los cuatro (4) que son útiles para lograr la recepción de las señales provenientes del Optera Metro. El resto de los terminales del conector de teleseñales están dedicados a salidas electrónicas, salidas relé y otros terminales no utilizados que realizan tareas de aterramiento, que pueden ser utilizados para establecer comunicación con otros equipos.

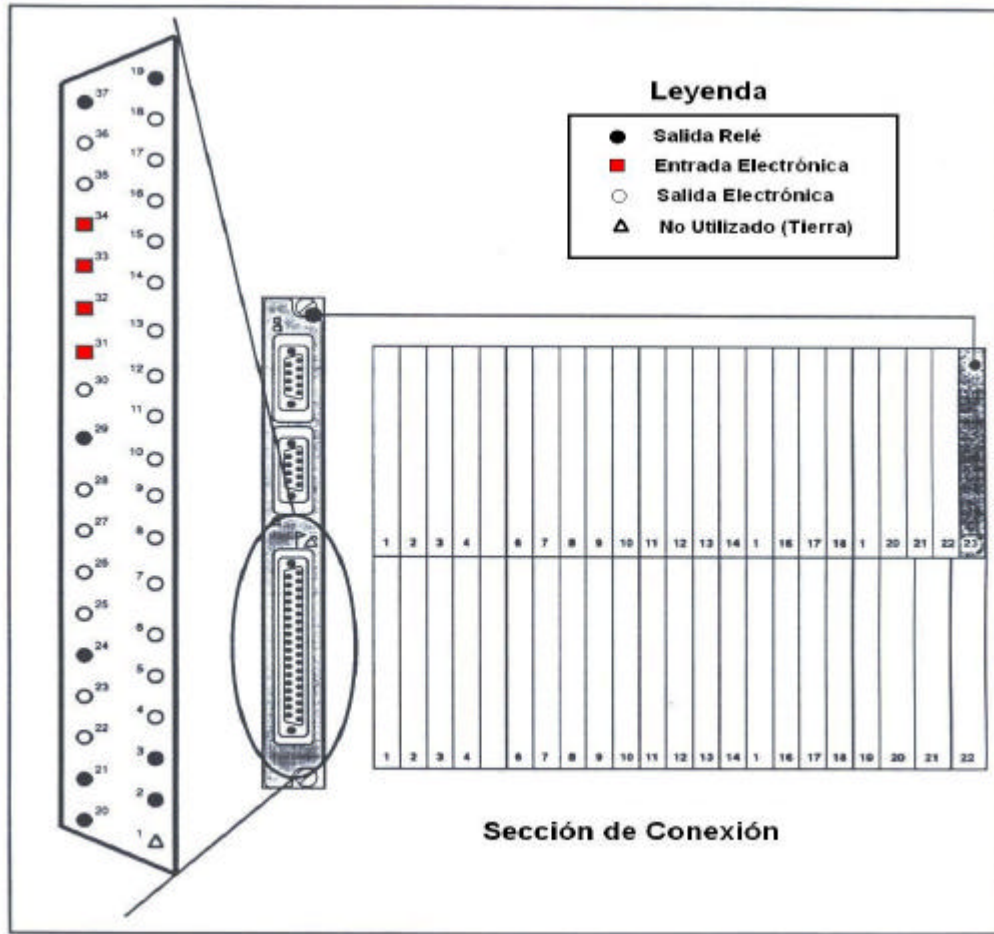


Figura 5.3. Descripción de los terminales del Conector de teleseñales

Como único requerimiento eléctrico para la activación de los contactos a tierra externos encontramos que se debe garantizar una corriente DC mínima de 1 mA, para generar la condición de encendido.

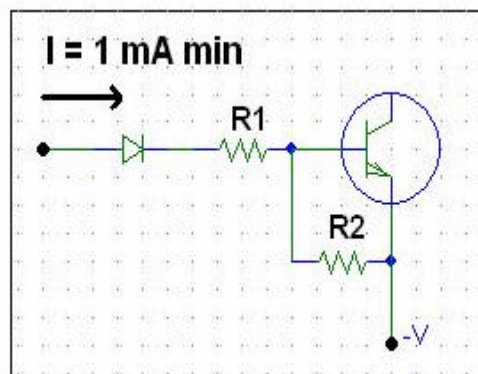


Figura 5.4. Entrada electrónica contacto a tierra

Considerando el requerimiento eléctrico en esta interfaz estudiamos las características eléctricas en la interfaz Cotel Card del equipo DWDM para verificar compatibilidad, ya que, hasta ahora conocemos cuales son las entradas en el conector de teleseñales, las cuales son los pines 31,32, 33 y 34 respectivamente y que tienen como requerimiento una corriente continua de 1 mA para pasar a condición de encendido.

5.1.2.2 Software

5.1.2.2.1 ETNA NEM EM

El *software* del Centro de Gestión de Red SDH del ETNA NEM-EM puede ejecutarse en un Terminal-X o en la consola del ordenador (si está equipado con monitor de alta resolución).

El Terminal-X es un terminal gráfico que está conectado al Servidor de Red del ETNA NEM-EM por medio de una LAN ethernet. El Terminal-X consta de las siguientes partes:

- Monitor a color
- Unidad Base, que contiene las tarjetas impresas electrónicas digitales y el módulo ethernet
- Teclado.
- Ratón.

El HP-UX constituye el área de trabajo del Centro de Gestión de Red SDH ETNA NEM-EM. La organización de las utilidades que ofrece el escritorio puede dividirse en dos “elementos” básicos, a saber: ventanas e iconos.

El escritorio VUE se halla disponible cuando el ETNA NEM-EM se ejecuta directamente en la consola del puesto de trabajo. Se puede configurar la barra de herramientas VUE, para mostrar algunas órdenes de uso general y el icono ETNA NEM-EM.

Con cada operación se abre una ventana en el equipo de sobre mesa, que muestra los datos correspondientes a la misma. El equipo de sobremesa puede considerarse como la ventana básica del ETNA NEM-EM. Se puede abrir más de

una ventana en el equipo de sobremesa. El límite máximo de ventanas abiertas simultáneamente, depende de la memoria disponible en el Terminal-X.

Como hemos comentado con anterioridad el acceso será diferente dependiendo del tipo de dispositivo utilizado: Terminal-X o Consola de Puesto de Trabajo:

- Acceso mediante un Terminal-X
 - Conectar el Terminal-X al ordenador del ETNA NEM-EM (con la orden TCP/IP “telnet”).
 - Escribir el nombre de cuenta en la guía “login”.
 - Seleccionar el Terminal-X a utilizar.
- Acceso mediante una consola (versión HP).
 - Escribir el nombre de cuenta en el campo “login” (aparece en pantalla el equipo HP VUE).
 - Ingresar al sistema gestor de elementos pulsando en el icono ETNA NEM-EM (disponible en la barra de iconos).

El sistema presenta quince tipos de usuario predefinidos. Un usuario sólo podrá utilizar las opciones asociadas a su específico tipo de usuario. Todas las demás opciones se hallan accesibles desde los menús correspondientes, pero sus botones de confirmación (Apply) no están habilitados.

Para efectos de la realización de este proyecto algunos tipos de usuarios predefinidos importantes son:

- *Alarm Manager* (Gestor de Alarmas): Permite el acceso a todas las funciones relacionadas con la gestión de alarmas (menús de alarmas).
- *Configuration Manager* (Gestor de Configuración): Permite acceso a todas las funciones relacionadas con la configuración del equipo y la red.
- *Alarm Severity Setting*. Derechos de configuración de la severidad de las alarmas: Es un subconjunto de los derechos del Gestor de Alarmas que permite exclusivamente la fijación de la severidad de las alarmas.

5.1.2.2.2 SYSTEM MANAGER PARA OM 5200

Al igual que la red de transmisión SDH de la CANTV, el enlace punto a punto DWDM consta de una plataforma y un software de gestión llamado *System Manager*, el cual también puede ser ejecutado desde una consola de usuario ubicada en el Centro de Operaciones de la Red en los Palos Grandes. A grandes rasgos el sistema gestor *System Manager* no tiene diferencias radicales en comparación con el sistema gestor de elementos SDH ETNA NEM-EM, ya que, de manera general ofrecen las mismas funciones de configuración pero presentadas de otra manera debido a los fabricantes.

El *System Manager* ofrece funciones de configuración de alarmas, algunas de ellas sonoras, ya que, como hemos mencionado el sistema no dispone de una plataforma de monitoreo permanente para gestión de alarmas. También se ofrecen funciones de configuración de equipo y entre estas la de configuración de interfaces que nos será de gran utilidad a la hora de trabajar con la Cotel Card, que es la interfaz dedicada para el acceso local de las alarmas en el equipo OM 5200.

En cuanto al acceso al *System Manager*, el mismo posee un tipo de usuario que no tiene ninguna limitación operativa y permite el acceso a todas las opciones del sistema de gestión, a nivel de elementos y de red.

5.1.3 ESTABLECIMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE ALARMAS

Antes de configurar las alarmas en la plataforma de gestión SDH, por medio de la cual serán permanentemente supervisadas por los ingenieros de monitoreo y control que laboran en el Centro de Operaciones de la Red, debemos establecer cuales serán los eventos que se desean monitorear, ya que, existe una gran cantidad de posibles fallas que podrían afectar la operatividad del enlace DWDM. Para esto, debemos seleccionar las posibles eventualidades que a nuestro juicio deben ser inmediatamente notificadas mediante una señal de alarma o estado de alerta en el sistema gestor SDH.

Anteriormente se ha comentado que el OM 5200 posee varios tipos de alarmas, entre las que se encuentran alarmas críticas, crítica/mayor, crítica/menor, alarma mayor y alarma menor, la severidad de la alarma puede ser configurada en

el System Manager, por lo que, queda de nuestra parte definir cuales son las alarmas que serán transmitidas al equipo AXD 620-2.

Como una alarma crítica tenemos definido un evento que tiene una afectación directa del tráfico manejado por el enlace DWDM, por lo que, algunos de estas eventualidades son:

- Falla en las tarjetas OCI, OMX y OCLD.
- Avería de la fibra principal sin poder cambiar de ruta.
- Avería en los *Path Cords* sin posibilidad de cambiar la ruta.

Para las alarmas con una severidad establecida como mayor entendemos una falla que podría afectar el tráfico si no recibe una atención inmediata. Como algunos de estos eventos definimos:

- Falla en la alimentación principal de los equipos OM 5200.
- Avería en la fibra principal con posibilidades de cambiar la ruta.
- Tasa de Segundos con muchos errores (SESR) que supere el umbral establecido².

Por último, para las alarmas con una severidad establecida como menor entendemos una falla que podría afectar el tráfico si no recibe atención. Como algunos de estos eventos definimos:

- Falla del *Shelf Processor*.

Luego de seleccionadas las alarmas más importantes para su monitoreo y control el siguiente paso es la configuración dentro del OM 5200 para que las alarmas lleguen como una señal a la Cotel Card, esta interfaz esta dedicada para la conexión con un monitor local que verifica el estado de las alarmas en los equipos y enlace. Mediante el uso del System Manager es posible acceder a la configuración de interfaz y que conocer que indica cada terminal dentro de la misma. En la siguiente tabla se muestra la distribución de los terminales.

² Basado en la Recomendación G.826 de la UIT-T.

TABLA 5.2 DISPOSICIÓN DE LOS TERMINALES DE LA COTEL CARD

P	Señal	Conector Cotel Card	P	Señal
1	CO Visual Critical		17	CO Audible Minor
2	CO Visual Critical		18	CO Audible Minor
3	CO Visual Critical		19	CO Audible Minor
4	CO Visual Major		20	Telemetry Output 1
5	CO Visual Major		21	Telemetry Output 1
6	CO Visual Major		22	Telemetry Output 1
7	CO Visual Minor		23	Telemetry Output 2
8	CO Visual Minor		24	Telemetry Output 2
9	CO Visual Minor 1		25	Telemetry Output 3
10	CO Audible Critical		26	Telemetry Output 3
11	CO Audible Critical		27	Telemetry Output 4
12	CO Audible Critical		28	Telemetry Output 4
13	CO Audible Major		29	Telemetry Input 1
14	CO Audible Major		30	Telemetry Input 2
15	CO Audible Major		31	Telemetry Input 3
16	Telemetry Input Return		32	Telemetry Input 4

Como podemos observar en la Tabla 5.2 los terminales que pueden ser usados son los reservados a las alarmas visuales, que van desde el uno (1) hasta el nueve (9), pero, debemos recordar que en el equipo AXD 620-2 sólo disponemos de cuatro (4) entradas, sin embargo esto no será problema a la hora de implementar, ya que, como solución se planteó el cableado de estos terminales en paralelo a cada una de las entradas, en otro orden de ideas, las tres (3) alarmas

críticas serían cableadas a una sola entrada, de manera que al ser configurado el terminal en el AXD 620-2 como entrada de una alarma crítica, cualquiera de los terminales que se active disparará la alerta de que sucedió un evento de severidad crítica, y lo mismo ocurriría con las alarmas mayores y menores.

En el capítulo IV se hizo referencia a las plataformas de gestión que serán usadas para establecer la configuración de las alarmas vía *software*. En primer lugar se trabajó en la configuración en la plataforma de gestión SDH ETNA NEM, para esto, nos servimos de un Terminal-X, que no es más que una estación de Sun Microsystems remota con sistema operativo basado en UNIX que tiene acceso a los servidores del sistema gestor de elementos SDH.

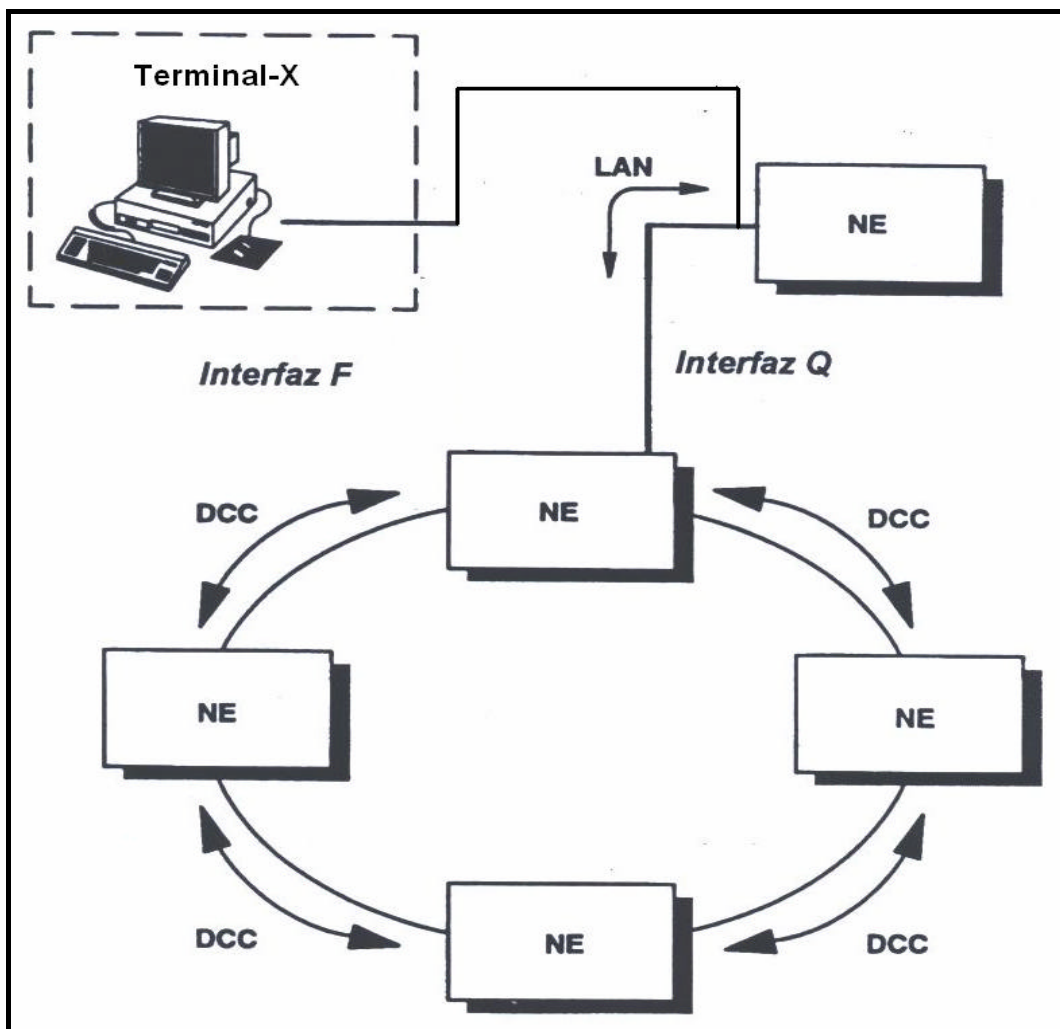


Figura 5.5. Conexión Remota con el AXD

Mediante el uso del Terminal-X y conociendo las direcciones IP de los servidores, iniciamos un Telnet hacia el servidor del sistema de gestión con el objetivo de levantar una sesión gráfica desde la estación Sun remota, mediante la cual accederemos al software gestor. Para la configuración de las alarmas debemos trabajar con el gestor de alarmas, configuración de equipo y los derechos de configuración de la severidad de las alarmas en el sistema gestor de elementos SDH

Una vez iniciada la sesión trabajamos con la plataforma EM (Element Management). Es por esto que es importante el conocimiento de la región a la cual pertenece el anillo SDH que contiene al equipo a configurar y como está etiquetado el mismo dentro del gestor, en nuestro caso, como hemos comentado con anterioridad el anillo al cual pertenece el equipo es el RUFO 1, y el equipo a configurar está etiquetado dentro del gestor como Banco Mercantil.

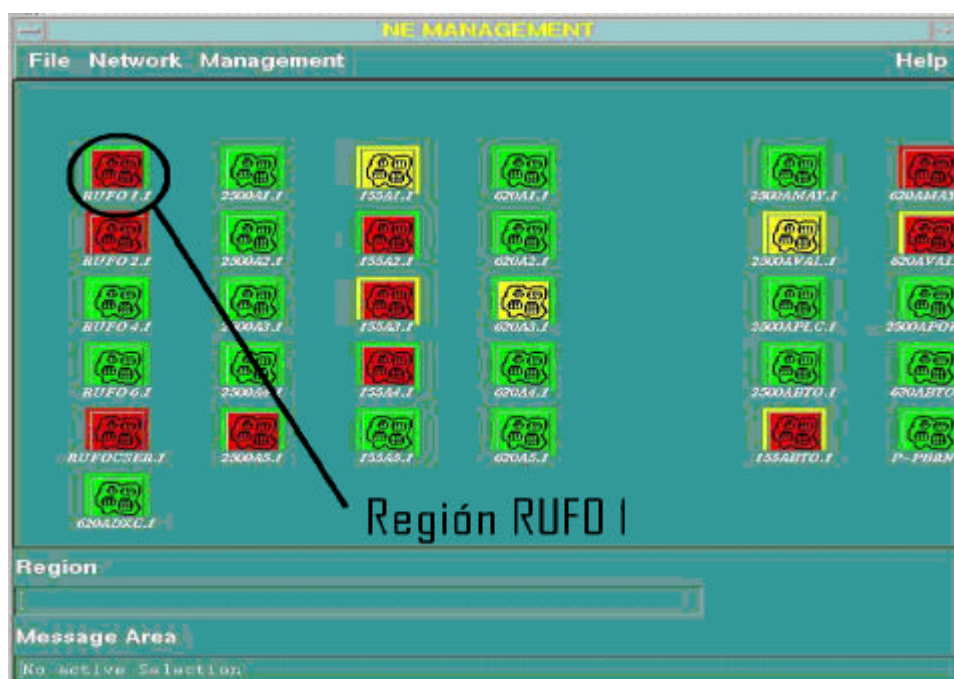


Figura 5.6. Ubicación de la Región del Anillo en el ETNA

Una vez ubicado en el ETNA NEM el anillo y el equipo correspondiente, accedemos a su configuración en el EM, para nosotros es importante ubicar la unidad de extensión de alarmas y EOW para poder acceder al conector de teleseñales. Una de las ventajas que ofrece el software de gestión es que se puede ir desescalando dentro de la configuración de equipo hasta llegar hasta sus

interfaces donde se pueden ajustar niveles de potencia y configurar cada uno de sus terminales, este es el caso del conector de teleseñales, ya que, solo cuatro (4) de los treinta y siete (37) terminales están disponibles para la recepción de señales externas dentro del AXD- 620-2 de Ericsson.



Figura 5.7. Disposición de la Unidad de Extensión de Alarmas y EOW dentro del EM.

Una vez ubicada la unidad de extensión de alarmas y el conector de teleseñales, se configuran los terminales dispuestos para la recepción de señales externas, en este caso los terminales 31, 32, 33 y 34, para esto, se deben realizar los siguientes pasos:

- Etiquetar la señal de alarma con un nombre que indique su procedencia externa y su criticidad, esto será de gran importancia cuando ya esté operativa esta alternativa de monitoreo externa, ya que, el ingeniero de monitoreo y control a cargo de la supervisión del gestor SDH, podrá diferenciar esta alarma de otras comunes en trayectos y equipos SDH, y además de su nombre podrá ver la criticidad asociada a la alarma, lo que le dará información de los tiempos de notificación y escalación de la falla a las unidades respectivas..

➤ Asociar en la configuración un terminal específico para alarmas con un nivel de criticidad común, en este caso la criticidad estará asociada al terminal y no a la señal que es recibida por el conector de teleseñales.

Los terminales fueron asignados de la siguiente manera:

TABLA 53 ASIGNACIÓN DE ALARMA A LOS TERMINALES DEL CONECTOR DE TELESEÑALES

Nº de Terminal	Nombre de Alarma	Prioridad
31	DWDM Banco Mercantil Crítica	A1
32	DWDM Banco Mercantil Alta	A2
33	DWDM Banco Mercantil Baja	A3
34	No Definida	No Definida

Las prioridades fueron asignadas según asociación con fallas comunes en trayectos y equipos SDH con nivel de criticidad ya definido, ya que, como antes se ha mencionado, estas alarmas externas serán gestionadas como cualquier otra alarma generada por averías en trayectos y equipos SDH.

Para culminar con la configuración de alarmas se necesita trabajar ahora con el System Manager para Optera Metro para realizar una asociación similar a la realizada con el conector de Teleseñales con la interfaz Cotel Card, para luego realizar el cableado entre las interfaces. Como este el sistema donde realmente se generan las alarmas del enlace punto a punto DWDM, debemos ser cuidadosos con la configuración de las señales y su asociación con los terminales de la interfaz.

Según lo establecido anteriormente y por limitaciones en la Cotel Card se decidió que se gestionarían tres alarmas críticas, tres alarmas altas y una baja, las mismas fueron seleccionadas por su importancia, ya que, informan acerca de estados de alerta reales en el enlace y que por lo tanto requerirán de atención con un nivel de prioridad específico asignado debido a la criticidad de la falla y su afectación total o parcial en el tráfico de datos entre los extremos que conforman el enlace.

El Gestor para OM 5200 utiliza una filosofía similar al gestor de elementos SDH, pero como en este caso las alarmas generadas se configuran con este gestor fue necesario profundizar un poco más en las opciones de configuración de equipos para definir las alarmas y asignarlas a los respectivos terminales.

Para el caso de la fijación de la tasa SESR, se tomó en cuenta la recomendación G.826, por lo que antes de fijar esta tasa se definirá cuales son los eventos que toma en cuenta el parámetro SESR.

Eventos de característica de error

➤ **Bloque con errores (EB, errored block)**: Bloque en el cual uno o más bits tienen errores.

➤ **Segundo con errores (ES, errored second)**: Período de un segundo con uno o más bloques con errores o por lo menos con un defecto.

➤ **Segundo con muchos errores (SES, severely errored second)**: Período de un segundo que contiene $\geq 30\%$ de bloques con errores o por lo menos un defecto. SES es un subconjunto de ES.

Parámetro de característica de error

➤ **Tasa de segundos con muchos errores (SESR, severely errored second ratio)**: Relación entre SES y el total de segundos de tiempo de disponibilidad durante un intervalo de medición fijo.

Para el caso de la fijación de la tasa SESR, se tomó en cuenta la recomendación G.826. Esta Recomendación define los parámetros y objetivos de la característica de error para trayectos digitales que funcionan a la velocidad primaria o a velocidades superiores. Los objetivos indicados son independientes de la red física que soporta el trayecto. Esta recomendación se basa en un concepto de medición basada en bloques que utiliza códigos de detección de errores inherentes al trayecto que se prueba. Esto simplifica las mediciones en servicio. Los parámetros y objetivos se definen en consecuencia.

Dado que los objetivos de calidad de funcionamiento tienen por objeto satisfacer las necesidades de la red digital, debe admitirse que no todos los equipos y sistemas digitales actuales pueden cumplirlos de inmediato. Cada

bloque es supervisado por medio de un código de detección de error inherente (EDC, *error detection code*), por ejemplo, paridad de entrelazado de bits o verificación por redundancia cíclica. Los bits EDC están separados físicamente del bloque al cual se aplica. Normalmente no es posible determinar si un bloque o sus bits EDC de control son erróneos. Si hay una discrepancia entre el EDC y su bloque controlado, se supone siempre que el bloque controlado es erróneo [3].

En esta definición genérica no se indica ningún EDC específico pero se recomienda que para la supervisión en servicio los diseños futuros estén equipados con una capacidad EDC, tal es el caso del OM 5200, de modo que la probabilidad de detectar un evento erróneo sea 90%, suponiendo una distribución de errores de Poisson. CRC-4 y BIP-8 son ejemplos de EDC actualmente utilizados que cumplen este requisito.

En la recomendación se indica que para un trayecto nacional con una distancia menor a 500 km se debe tomar un margen fijo de 17,5 % de los objetivos de extremo a extremo basado en un trayecto ficticio de 27.500 km, lo que implica multiplicar la tasa SESR del objetivo extremo a extremo y multiplicarla por 0,175.

El enlace DWDM tiene una distancia máxima de la fibra óptica por la cual se transmite de unos 8.5 km, distancia que está muy por debajo de la distancia de referencia de 500 km, sin embargo, no hay otro factor que reduzca el valor del parámetro SESR dentro de la recomendación para distancias tan cortas como esta por lo que la tasa asignada se corresponde a la indicada por la recomendación para trayectos menores a 500 km. En la siguiente tabla se muestra el objetivo extremo a extremo que indica la recomendación para el parámetro SESR y el calculado para nuestro trayecto.

TABLA 54. FIJACIÓN DE TASA SESR

Tasa SESR Extremo a Extremo	Tasa SESR Fijada
0,002	0,00035

En la siguiente tabla se muestra como quedaron asignadas las señales de alarma en la Cotel Card:

TABLA 55 ASIGNACIÓN DE ALARMA A LOS TERMINALES DE LA COTEL CARD

Terminal	Falla	Criticidad	
1	Avería de Tarjetas OCI, OMX y OCLD	Crítica	
2	Corte de fibra principal sin poder cambiar de ruta.	Crítica	
3	Avería en los Path Cords sin posibilidad de cambiar de ruta.	Crítica	
4	Falla en la alimentación principal de los equipos OM 5200	Alta	
5	Avería en la fibra principal con posibilidades de cambiar la ruta.	Alta	
6	Tasa de segundos con muchos errores (SESR) que supere el umbral establecido.	Alta	
7	Falla del Shelf Processor	Baja	

5.1.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Para la implementación del Sistema se necesita realizar el cableado físico entre las dos interfaces involucradas, en este caso, el conector de Teleseñales en el equipo AXD 620-2 y la Cotel Card en el OM5200. Ya que se conocen los terminales en ambos equipos donde se deben realizar las conexiones físicas, ubicamos el campo de conexión del conector de Teleseñales dentro del *Shelf* donde se encuentra ubicado físicamente el equipo SDH, y se realiza la conexión correspondiente hacia los terminales 31,32 y 33 respectivamente en la terminación del cableado dentro del AXD 620-2 conocida como *Housekeeping*, la misma se encuentra ubicada sobre el DDF donde se realizan las conexiones físicas de los enlaces hacia el multiplexor.

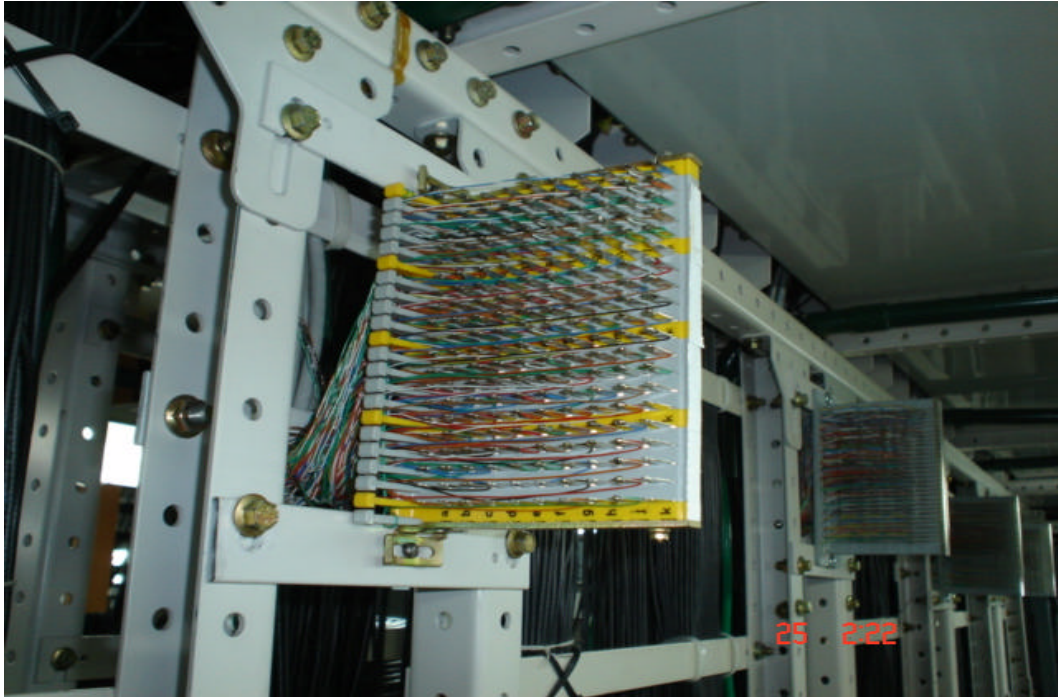


Figura 5.8. Ubicación de la Housekeeping.

Luego de ubicados los terminales y realizar el cableado hacia la *Housekeeping* se deben realizar las conexiones hacia el OM5200 en la Cotel Card. Es importante recordar que la cantidad de conexiones hacia los terminales del OM5200 es mayor que la cantidad de conexiones realizadas hacia el AXD 620-2, sin embargo, como se ha comentado en capítulos anteriores las conexiones se realizarán de acuerdo a la criticidad de las alarmas asociadas a los terminales de la Cotel Card formando una especie de compuerta OR lógica. La siguiente figura ilustra de una mejor manera como se realizaron las conexiones.

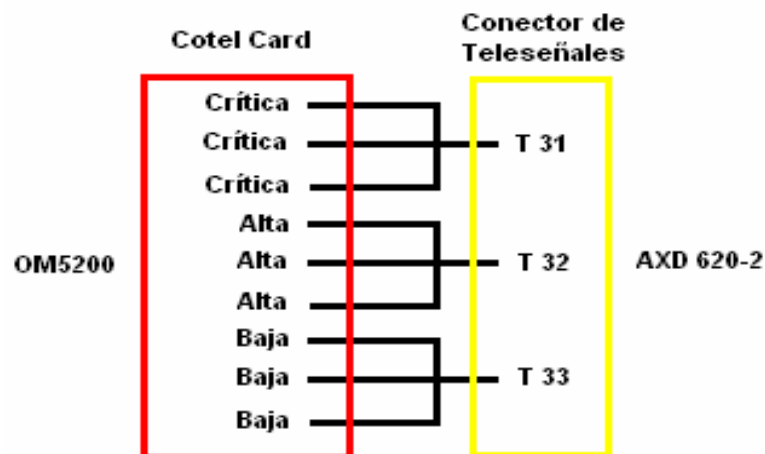


Figura 5.9. Diagrama de Conexiones entre interfaces.

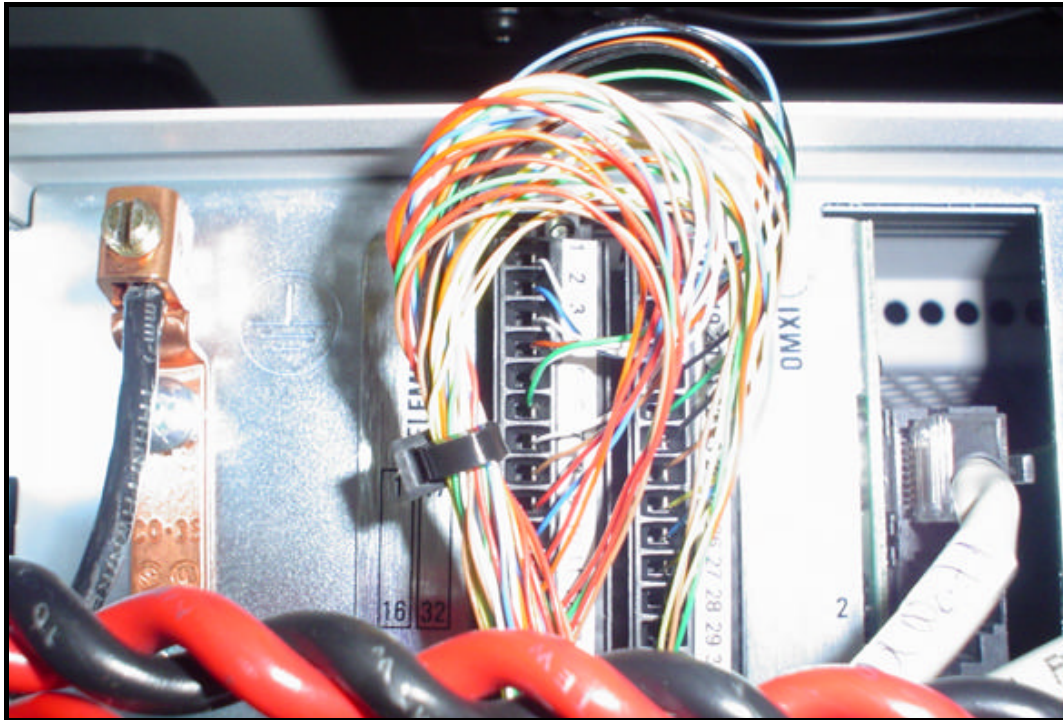


Figura 5.10. Disposición del cableado en la Cotel Card

5.1.5 PRUEBAS DE COMPROBACIÓN

Como último paso en el desarrollo del proyecto se realizaron pruebas de que validaran el funcionamiento del sistema, para esto, se crearon escenarios de eventos de fallas reales para generar alarmas reales en el enlace que será supervisado, fueron creadas todas las fallas que a nuestro criterio fueron seleccionadas según su criticidad para ser monitoreadas dado que se consideran eventos de alta importancia que afectan o podrían afectar el tráfico en el enlace y que por lo tanto deben ser notificadas por el sistema de manera inmediata.

Para la creación de las fallas reales se aprovecho el hecho de que el sistema no está totalmente entregado por el departamento de Instalaciones y Construcción y se pudieron realizar pruebas de fallas críticas como por ejemplo el corte total del servicio por interconexión para comprobar la respuesta del sistema ante eventos de tal criticidad.

Las pruebas realizadas se resumen a continuación:

- **Retirar una tarjeta.** Se retiró una tarjeta OCI (tarjeta de protección) para observar la respuesta del sistema con apoyo del personal del COR, quienes

observaron de manera remota la generación de una alarma crítica en el gestor, correspondiendo totalmente con la configuración realizada y no presentando retardo alguno en su generación.

- **Retirar una fibra.** Al realizar un corte total del servicio por interconexión se observo remotamente la generación de alarma crítica en el sistema gestor.
- **Aflojar Conector de fibra.** Con esta acción se logra introducir una degradación de la señal transmitida, lo que ocasiona errores en la transmisión y por ende aumenta la tasa SESR por encima del umbral fijado, generándose una alarma de criticidad mayor dentro del OM5200 y que fue observada remotamente en el gestor con una prioridad alta.

Identifier	Resource's name	Resource type
16120/CPM FZB/DEBER UZLAWO2	16120/CPM FZB/DEBER UZLAWO	UC-12
17089/TELEFONIA/MDTBO-LPTTDO2	17089/TELEFONIA/MDTBO-LPTTBO	UC-12
18037/CMNTV/CHT-8TR-RUOCCS2	18037/CMNTV/CHT-8TR-RUOCCS	UC-12
21195/SEMIAT/CHC-LHS/0400-RUORACION2	21195/SEMIAT/CHC-LHS/0400-RUORACION	UC-12
21197/CPM-SEMIAT/CHC-LHS/0400-RUORACION2	21197/CPM-SEMIAT/CHC-LHS/0400-RUORACION	UC-12
21435/TELCEL.FLJ0-FLJ0/MD-TELCEL.P.C./RACTELCEL-RUOCCS 1-22	21435/TELCEL.FLJ0-FLJ0/MD-TELCEL.P.C./RACTELCEL-RUOCCS 1-2	UC-12
21436/TELCEL/MDTDM-TECEL.FWC/RTECEL-CHC-RUOCCS-MD 2-22	21436/TELCEL/MDTDM-TECEL.FWC/RTECEL-CHC-RUOCCS-MD 2-2	UC-12
53964/CMNTV P.L. 20012	53964/CMNTV P.L. 2001	UC-12
C1480/E1RU/BRQSWER0/BRQSWER1/CMNTV-TB2	C1480/E1RU/BRQSWER0/BRQSWER1/CMNTV-TB	UC-12
C4149/E1RU/CRCSWEDM02/CRCSWEDM02/TELCEL2	C4149/E1RU/CRCSWEDM02/CRCSWEDM02/TELCEL	UC-12
C4388/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/CMNTV-TOP/TP2	C4388/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/CMNTV-TOP/TP	UC-12
C4389/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/CMNTV-TB2	C4389/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/CMNTV-TB	UC-12
C5032/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/VOLCETEL1/1-22	C5032/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/VOLCETEL1/1-2	UC-12
C5415/E1RU/CRCSWEDM00/CRCSWEDM00/RNCCJDM/1-25	C5415/E1RU/CRCSWEDM00/CRCSWEDM00/RNCCJDM/1-2	UC-3
C5601/E1RU/VLMCVERIDM0/VLMCVERIDM0/TELCEL2	C5601/E1RU/VLMCVERIDM0/VLMCVERIDM0/TELCEL	UC-12
C5618/E1RU/VLMCVERIDM/VLMCVERIDM/CMNTV-TOP/TP/2-22	C5618/E1RU/VLMCVERIDM/VLMCVERIDM/CMNTV-TOP/TP/2-2	UC-12
C6628/CSWVER0/CRCSWEDM0/VLDBAL ONE/E-4/2-12	C6628/CSWVER0/CRCSWEDM0/VLDBAL ONE/E-4/2-2	UC-12
C5626/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/VLDBAL ONE/E-4/1-12	C5626/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/VLDBAL ONE/E-4/1-2	UC-12
C5673/E1RU/VLMCVERIDM/VLMCVERIDM/CMNTV-V02/E-4/1-22	C5673/E1RU/VLMCVERIDM/VLMCVERIDM/CMNTV-V02/E-4/1-2	UC-12
C5677/SMD1/FLAWBER0/VLMCVERIDM/CMNTV-R0SL6	C5677/SMD1/FLAWBER0/VLMCVERIDM/CMNTV-R0SL	UC-4 path
C5683/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/CMNTV-V02/BSLP3*-BSLP3*2	C5683/E1RU/CRCSWEDM/CRCSWEDM/CMNTV-V02/BSLP3*-BSLP3*	UC-12
C5702/E1RU/CRCSWEDM00/CRCSWEDM/CMNTV-R0TOS/2-22	C5702/E1RU/CRCSWEDM00/CRCSWEDM/CMNTV-R0TOS/2-2	UC-12
C5705/E1RU/VLMCVERIDM/VLMCVERIDM/CMNTV-V02/E-4/1-22	C5705/E1RU/VLMCVERIDM/VLMCVERIDM/CMNTV-V02/E-4/1-2	UC-12
C5705/E1RU/VLMCVERIDM/VLMCVERIDM/CMNTV-V02/E-4/2-22	C5705/E1RU/VLMCVERIDM/VLMCVERIDM/CMNTV-V02/E-4/2-2	UC-12

Figura 5.11. Visualización de alarmas generadas en las pruebas

CONCLUSIONES

- ✓ Los Sistemas Gestores juegan un papel importante dentro de la gestión de redes, ya que, como “ojos” de la red su deber es el de supervisar y controlar los elementos de comunicación, garantizando un adecuado nivel de servicio; mejorando la disponibilidad y el rendimiento de los elementos del sistema, incrementando su efectividad.
- ✓ La facilidad de gestión de señales externas de los equipos SDH representa una vía económicamente rentable para controlar eficientemente pequeños sistemas basados en la transmisión de señales de alarma ante fallas.
- ✓ La dedicación de una interfaz para la detección de alarmas de manera local (Cotel Card) en el equipamiento tecnológico OM5200 de Nortel Networks permite la implementación de soluciones para gestión de fallos que requieren comunicación en tiempo real.
- ✓ La configuración del *software* de gestión de equipos permite diseñar tareas complejas sin preocuparse por el manejo de registros específicos, ahorrando tiempo de desarrollo y puesta a punto, no obstante, el conocimiento de su funcionamiento es esencial para poder aprovecharlo al máximo sin exceder la capacidad de sus recursos.
- ✓ Aunque es posible la detección de fallos en el gestor del enlace DWDM, por la naturaleza del protocolo de comunicaciones usado no permanece constantemente monitoreado, por lo que el sistema desarrollado surge como una opción económica y efectiva para la supervisión permanente del enlace.
- ✓ La implementación y puesta a punto del sistema desarrollado en el presente trabajo, es una herramienta efectiva para reducir los tiempos de respuesta de las cuadrillas de técnicos ante eventos de fallas que puedan presentarse y afectar la calidad de servicio del enlace punto a punto DWDM, ya que, como fue comprobado en las pruebas realizadas, las alarmas son detectadas sin retardo alguno.

RECOMENDACIONES

- ✓ Implementar y desarrollar soluciones similares con otros tipos de elementos de comunicación que no disponen de gestión y supervisión de alarmas, tal es el caso de los Repetidores Celulares BDA de Movilnet, los cuales no pueden ser monitoreados de forma remota pero poseen interfaces para monitoreo de alarmas localmente que pueden ser aprovechadas si se establece la comunicación con algún otro elemento que si posea dentro de las facilidades de su protocolo de comunicación la gestión remota de alarmas.
- ✓ El equipo DWDM OM5200 al igual que el AXD 620-2 ofrece facilidades para la gestión de alarmas externas, se recomienda hacer un estudio para comunicar los sensores de alarmas externas de prioridad baja como por ejemplo alta temperatura en la sala de equipos, puertas abiertas en la sala, alarmas de avería en los aires acondicionados, etc.
- ✓ Establecer vínculos entre personal encargado del monitoreo y control de las alarmas en tiempo real y el personal encargado de dar un diagnóstico específico de la falla mediante el uso del System Manager incluyendo entre los procedimientos de atención a fallas uno particular para atacar problemas con el enlace DWDM por parte de la gerencia de gestión de calidad.
- ✓ Adiestrar a todo el personal técnico de la Unidad de Operación y Mantenimiento de Transmisión Urbana e Interurbana sobre la tecnología DWDM y la operación del sistema OM5200 de Nortel Networks para que posean herramientas a la hora de atacar falla en el mismo.
- ✓ Estudiar a futuro la implementación de una red de gestión independiente del enlace DWDM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sánchez, Galeón. “*Redes SDH*” 2003. [en línea].

<<http://redesbirdg.galeon.com/sdh.htm>> [Consulta: 2005]

[2] GESTIÓN DE REDES SDH BASADA EN TMN [en línea].

<<http://www.rares.com.ar/-df/1307.pdf>> [Consulta: 2005]

[3] UIT-T, *Recomendación G.826 (1999)*, Parámetros y objetivos de las características de error para trayectos digitales de velocidad binaria constante que funcionan a la velocidad primaria o a velocidades superiores. [Consulta: 2005]

BIBLIOGRAFÍA

TECNOLOGÍA SDH [en línea].

<<http://es.wikipedia.org/wiki/SDH>>

<<http://redesbirg.galeon.com/sdh.htm>>

<http://www.pulsewan.com/data101/sdh_basics.htm>

<<http://www.redes.upv.es/stdfi/trabajos%202001/PDHySDH.PDF>>

<<http://www.rares.com.ar/-df/1306.pdf>>

<<http://monografias.com/trabajos15/jerarquia-digital/jerarqui-digital.shtml>>

TECNOLOGÍA DWDM [en línea].

<<http://www.villanos.net/revista/200002/dwdm.html>>

<<http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=128756>>

<http://www.it.uc3m.es/catedra-nortel/prensa/Informe_DellOro__DWDM.html>

<<http://www.inatel.es/soldwdm.htm>>

<http://216.239.37.104/translate_c?hl=es&u=http://www.mrv.com/wdm/technology.php&prev=/search?q=que+es+dwdm&start=20&hl=es&lr=&ie=utf-8&sa=n>

GESTIÓN Y MONITOREO [en línea].

<<http://www.ediciónsupc.es/ftppublic/pdfmostra/TL=1301.pdf>>

<<http://www.rares.com.ar/-df/1307.pdf>>

MANUAL DE REFERENCIA: Sistema AXD 620-2. Ericsson Infocon España, S.A. 1997.

MANUAL DE REFERENCIA: Optera Metro 5000-series Rel 5.0 (5200/5100) Course 5741ZEN OAM&P. Versión 01.00. Nortel Networks 2005.

MANUAL DE REFERENCIA: Sistema Gestor de Elementos SDH ETNA NEM.
Ericsson Infocon España, S.A. 1997.

Huidobro, José M. y Roldán, David. *“Redes y Servicios de Banda Ancha”*,
Madrid: Editorial McGraw-Hill, 2004

Walter, Goralki, *“SONET/SDH”*, USA: Editorial McGraw-Hill, 2002.

ANEXOS

Anexo 1: Figuras

Pantallas de Configuración en el ETNA -NEM

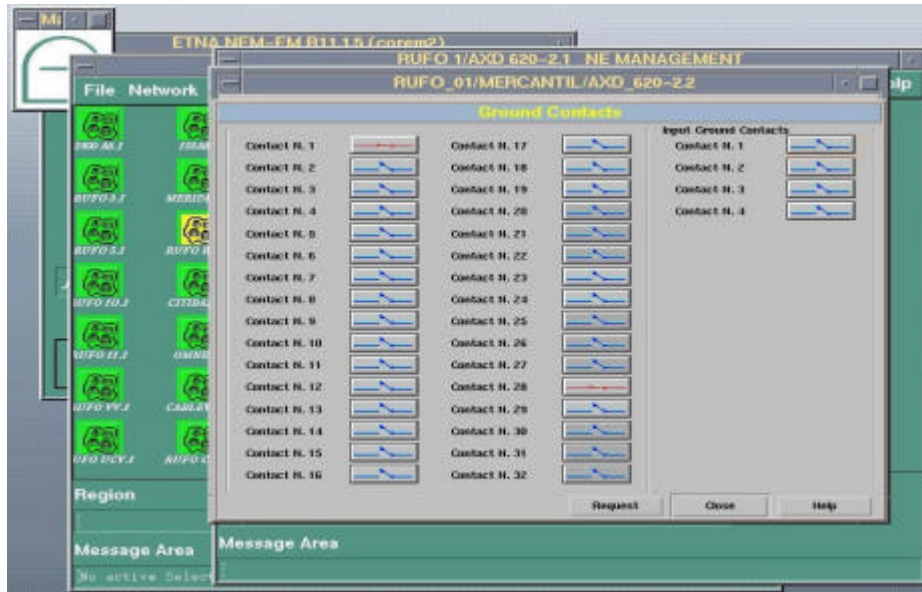


Figura A.1 Pantalla de configuración de contactos a tierra en el EM

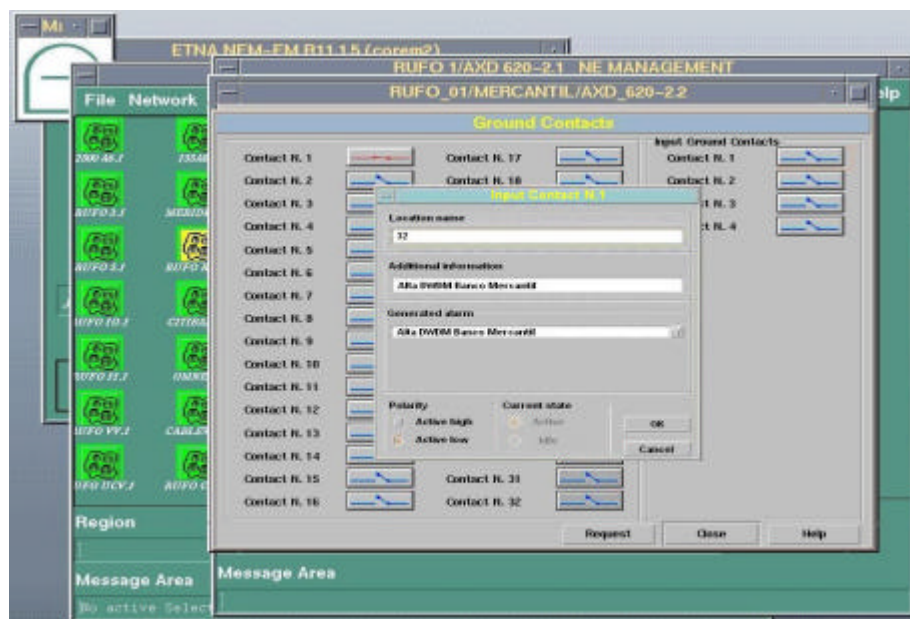


Figura A.2 Pantalla de configuración de Criticidad en el EM

Equipos de Gestión



Figura A.3 Routers de la Red de GestiónSDH

Disposición del cableado del conector de Teleseñales

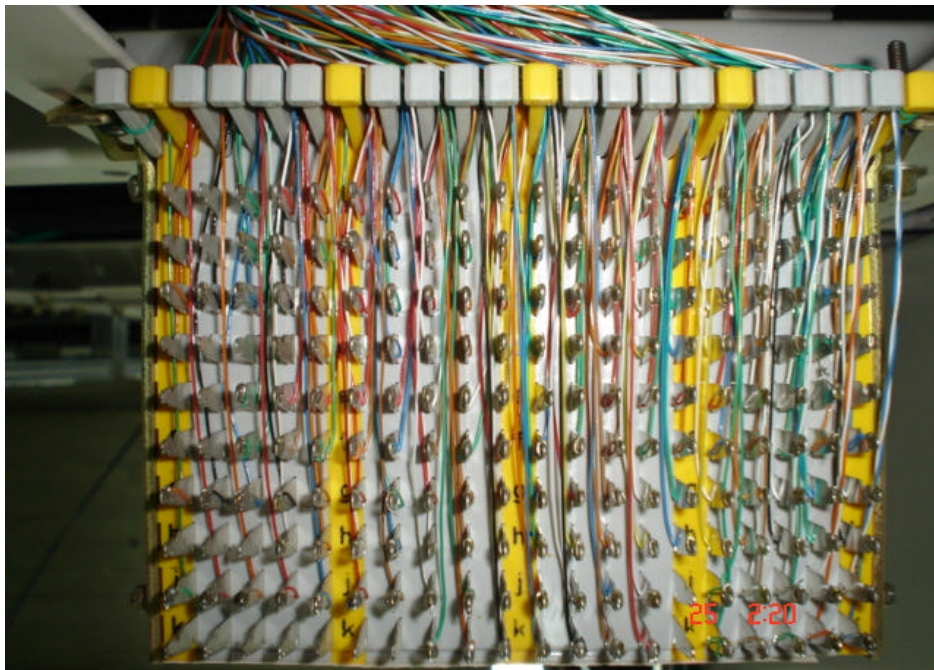


Figura A.4 Cableado en la Housekeeping

Anexo 2: Descripción de salida electrónica interfaz Cotel Card

Tensión de transitorio máxima	12 V
Tensión de funcionamiento máxima	10 V dc
Corriente máxima en condición de encendido	200 mA
Máximo incremento tensión en condición ON	0.5 V dc
Disipación total de potencia	0.3 W

Anexo 3: Diagrama de Conexión entre terminales de interfaces

