

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Diseño de Prácticas de Laboratorio para una Red de Comunicaciones Ópticas utilizando equipos Huawei OSN Optix1500B”

INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Nadia Verónica Molina Navas

Michelle Gabriela Cevallos Yagual

Guayaquil – Ecuador

2011

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque sin Él ninguna de las cosas en la vida tendrían sentido y porque a Él le pertenecen los conocimientos y habilidades que me prestó para poder desarrollar este proyecto, por su compañía y por los muchos favores recibidos durante toda mi vida y por los que, estoy segura, me seguirá otorgando. A mi familia y de manera especial a mis padres, Mariana y Luis, por el esfuerzo que continúan realizando para que sus hijos tengamos lo mejor y seamos personas de bien. A los muchos profesores que compartieron generosamente sus conocimientos, a los amigos y a las amigas que además compartieron sus buenos y acertados consejos.

Dios, Tú sabes mejor que yo a quienes y porqué les estaré eternamente agradecida, te pido les des tu bendición.

Nadia

Quiero expresar mi agradecimiento en primer lugar a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida y lograr conseguir esta meta, a mis padres por estar siempre conmigo dándome su cariño y apoyo durante todo el proceso de formación como profesional, a nuestra vocal Msc. Patricia Chávez por sus valiosos consejos, los cuales contribuyeron a mejorar el presente trabajo, y de especial manera a nuestra directora Msc. María Antonieta Álvarez por su enorme colaboración y dedicación incondicional durante el desarrollo de este proyecto de grado.

Michelle

DEDICATORIA

Para los alumnos de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de ESPOL con el deseo de contribuir a su formación profesional y con el afán de que la ejerzan siempre con nobleza, justicia y rectitud.

Nadia

Para las personas que siempre consideraron valioso nuestro trabajo y creyeron en nuestra capacidad animándonos a no desistir.

Michelle

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Msc. Jorge Aragundi Rodríguez
SUB-DECANO FIEC

Msc. María Antonieta Álvarez Villanueva
DIRECTORA DE PROYECTO

Msc. Patricia Chávez Burbano
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este informe de proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Nadia Verónica Molina Navas

Michelle Gabriela Cevallos Yagual

RESUMEN

El presente trabajo se fundamenta en la creación de prácticas de laboratorio orientadas a la enseñanza y/o investigación principalmente de estudiantes que estén interesados en sistemas de comunicaciones de transporte óptico. Estas prácticas se enfocan en dar a conocer los aspectos fundamentales del funcionamiento y gestión de la red de transporte SDH que se encuentra constituida principalmente por fibra óptica, motivo de su gran velocidad y alta confiabilidad. Los tres primeros capítulos exponen los conceptos asociados a las redes de transporte SDH abarcando temas fundamentales como la estructura de la trama SDH, velocidades de transmisión, multiplexación SDH y mecanismos de protección de redes, conocimientos necesarios para una correcta interpretación de las prácticas a desarrollarse. El capítulo cuatro trata de la estructura física y especificaciones técnicas del OSN Optix 1500B, equipo a utilizarse durante el procedimiento de las prácticas. Finalmente el capítulo cinco se enfoca en la descripción de las prácticas de laboratorio, las cuales presentan el desarrollo de varios escenarios con casos frecuentes de configuración y administración de la red, utilizando para ello los equipos Huawei OSN Optix 1500B.

ÍNDICE GENERAL

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SDH.....	1
1.1. ELEMENTOS DE UNA RED SDH.....	2
1.2. TOPOLOGÍAS DE LA RED.....	6
1.3. VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN DE LA RED.....	13
1.4. ESTRUCTURA DE LA TRAMA BÁSICA (STM-1).....	14
1.4.1. SOH (SECTION OVERHEAD).....	16
1.4.2. PUNTEROS.....	18
1.4.3. CARGA DE INFORMACIÓN.....	20
1.4.4. POH (PATH OVERHEAD).....	20
2. MULTIPLEXACIÓN EN UNA RED SDH.....	22
2.1. TRAMAS STM-N.....	23
2.2. SEÑALES PDH A SDH.....	30
2.2.1. SEÑALES DE 140 Mbps A STM-1.....	30
2.2.2. SEÑALES DE 34 Mbps A STM-1.....	32
2.2.3. SEÑALES DE 2Mbps A STM-1.....	34
2.3. ELEMENTOS DE LA MULTIPLEXACIÓN.....	38
2.3.1. CONTENEDOR.....	39
2.3.2. CONTENEDOR VIRTUAL.....	40
2.3.3. UNIDADES TRIBUTARIAS.....	41
2.3.4. UNIDADES ADMINISTRATIVAS.....	42
2.3.5. GRUPO DE UNIDAD TRIBUTARIA.....	42
2.3.6. GRUPO DE UNIDAD ADMINISTRATIVA.....	43
2.4. PROCESO DE MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADO POR LAS TARJETAS DEL EQUIPO OSN OPTIX 1500B.....	43
2.4.1. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA N1SLD4.....	44
2.4.2. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA R1SL1.....	45
2.4.3. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA N1PQ1B.....	46
2.4.4. MULTIPLEXACIÓN REALIZADA POR LA TARJETA N1PL3A.....	47
2.4.5. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA R1EFT4.....	48
2.4.6. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA N1EGT2.....	50
3. MECANISMOS DE PROTECCIÓN DE REDES SDH.....	52
3.1. PROTECCIÓN LINEAL.....	53
3.1.1. PROTECCIÓN 1+1.....	55
3.1.2. PROTECCIÓN 1:N.....	56
3.2. PROTECCIÓN ANILLO.....	59
3.2.1. ANILLO DE PROTECCIÓN DE RUTA O ANILLO PP.....	60

3.2.1.1.	ANILLO PP UNIDIRECCIONAL (ANILLO DE PROTECCIÓN DE CAMINO DIVERSAMENTE ENRUTADO).....	60
3.2.1.2.	ANILLO PP BIDIRECCIONAL (ANILLO DE PROTECCIÓN DE CAMINO UNIFORMEMENTE ENRUTADO).....	64
3.2.2.	ANILLO DE PROTECCIÓN DE SECCIÓN MÚLTIPLE O ANILLOS MSP	65
3.2.2.1.	ANILLO MSP UNIDIRECCIONAL DE PROTECCIÓN DEDICADA	65
3.2.2.2.	ANILLO MSP BIDIRECCIONAL DE PROTECCIÓN COMPARTIDA.	66
3.3.	PROTECCIÓN DE LA CONEXIÓN DE SUBRED O PROTECCIÓN SNCP.....	76
4.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO OPTIX OSN 1500B	82
4.1.	ARQUITECTURA DEL EQUIPO	82
4.2.	TARJETAS.....	88
4.2.1.	TARJETAS DE PROCESAMIENTO SDH.....	92
4.2.2.	TARJETAS DE PROCESAMIENTO PDH.....	98
4.2.3.	TARJETAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	103
4.2.4.	TARJETAS DE INTERFAZ Y CONMUTACIÓN.....	108
4.2.5.	TARJETAS CROSS-CONECTORAS Y SCC.....	109
4.2.6.	TARJETAS AUXILIARES.....	113
4.3.	CABLES Y CONECTORES.....	116
4.3.1.	CABLES DE FIBRA ÓPTICA.....	117
4.3.2.	CABLES DE COBRE	122
4.3.3.	CONECTORES, ADAPTADORES Y ATENUADORES PARA CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	126
4.3.4.	CONECTORES Y ADAPTADORES PARA CABLES DE COBRE.....	130
5.	PRÁCTICAS DE CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS OPTIX OSN 1500B.....	137
5.1.	DESCRIPCIÓN OPTIX 1500B, CREACIÓN Y CARGA DE LA CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LOS OSN.....	138
5.1.1.	OBJETIVOS.....	138
5.1.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	138
5.1.3.	INTRODUCCIÓN.....	139
5.1.4.	RECOMENDACIONES.....	140
5.1.5.	CONCLUSIONES.....	141
5.2.	CONFIGURACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA SEÑAL DE RELOJ.	142
5.2.1.	OBJETIVOS.....	142
5.2.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	143
5.2.3.	INTRODUCCIÓN.....	144
5.2.4.	RECOMENDACIONES.....	161
5.2.5.	CONCLUSIONES.....	162
5.3.	IMPLEMENTACIÓN DE PROTECCIONES.....	164
5.3.1.	OBJETIVOS.....	164
5.3.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	164
5.3.3.	INTRODUCCIÓN.....	165

5.3.4.	RECOMENDACIONES	169
5.3.5.	CONCLUSIONES	170
5.4.	ESCENARIOS DE LEVANTAMIENTO DE SERVICIOS ENTRE LOS OSN	171
5.4.1.	HABILITACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE SERVICIOS DE NIVEL E1 ENTRE LOS OSN UTILIZANDO LAS TARJETAS TRIBUTARIAS PQ1, TARJETAS DE INTERFAZ N1D12S Y TARJETAS DE LÍNEA N1SLD4. CONFIGURACIÓN MANUAL Y AUTOMÁTICA	172
5.4.1.1.	OBJETIVOS	172
5.4.1.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	173
5.4.1.3.	INTRODUCCIÓN	174
5.4.1.4.	RECOMENDACIONES	179
5.4.1.5.	CONCLUSIONES	181
5.4.2.	IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS PUNTO A PUNTO EPL PARA TRANSMISIÓN DE DATOS ENTRE DOS REDES LAN REMOTAS	183
5.4.2.1.	OBJETIVOS	183
5.4.2.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	184
5.4.2.3.	INTRODUCCIÓN	185
	<i>Tarjeta N1PL3A y conector SMB</i>	188
5.4.2.4.	RECOMENDACIONES	192
5.4.2.5.	CONCLUSIONES	193
5.4.3.	IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS PUNTO A PUNTO EPL PARA TRANSMISIÓN DE INTERNET HACIA UNA LAN REMOTA	195
5.4.3.1.	OBJETIVOS	195
5.4.3.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	196
5.4.3.3.	INTRODUCCIÓN	196
5.4.3.4.	RECOMENDACIONES	198
5.4.3.5.	CONCLUSIONES	200
5.5.	DETECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE ALARMAS PARA DIFERENTES ESCENARIOS	201
5.5.1.	EXPLORACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE ALARMAS	201
5.5.1.1.	OBJETIVOS	201
5.5.1.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	202
5.5.1.3.	INTRODUCCIÓN	202
5.5.1.4.	RECOMENDACIONES	206
5.5.1.5.	CONCLUSIONES	206
5.5.2.	CONFIGURACIÓN DE ALARMAS Y MONITOREO	207
5.5.2.1.	OBJETIVOS	208
5.5.2.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	208
5.5.2.3.	INTRODUCCIÓN	209
5.5.2.4.	RECOMENDACIONES	211
5.5.2.5.	CONCLUSIONES	212
5.6.	CONFIGURACIÓN DE LLAMADAS ORDERWIRE	212
5.6.1.	OBJETIVOS	213
5.6.2.	EQUIPOS Y ACCESORIOS	213

5.6.3.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	214
5.6.4.	<i>RECOMENDACIONES</i>	219
5.6.5.	<i>CONCLUSIONES</i>	219
5.7.	MEDICIÓN DE PARÁMETROS	220
5.7.1.	<i>OBJETIVOS</i>	220
5.7.2.	<i>EQUIPOS Y ACCESORIOS</i>	221
5.7.3.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	221
5.7.4.	<i>RECOMENDACIONES</i>	231
5.7.5.	<i>CONCLUSIONES</i>	232
	CONCLUSIONES	233
	RECOMENDACIONES	237
	ANEXOS	240
	BIBLIOGRAFÍA	242

ABREVIATURAS

Siglas	Significado en Inglés	Significado en Español
ALS	Automatic laser shutdown	Desactivación automática del láser
ANSI	American National Standards Institute	Instituto Nacional Americano de Estándares
ASON	Automatically Switched Optical Network	Red óptica de conmutación automática
AU	Administrative Unit	Unidad Administrativa
AUG	Administrative Unit Group	Grupo de Unidad Administrativa
AU-PTR	Administrative Unit Pointer	Puntero de unidad administrativa
B3ZS	Bipolar with three-zero substitution	Sustitución bipolar con 3 ceros
BITS	Building Integrated Timing Supply	Tiempo de construcción integrado
BNC conector	Bayonet Neill–Concelman	Bayoneta Neill–Concelman
C	Container	Contenedor
CATV	Community Antenna Television	Televisión de Antena Comunitaria
CPE	Customer Premises/Provisioned	Equipo Local del Cliente
DCE	Data Communications Equipment.	Equipo de comunicación de Datos
DDF	Digital distribution frame	Panel de distribución digital
DDN	Dedicated Digital Network	Red digital dedicada
DNU	Do Not Use	No usar
DWDM	Dense wavelength division multiplexing	Multiplexación por división de longitud de onda densa
DXC	Digital Cross-Connect	Cross-Conector Digital
ECC	Embedded Control Channel	Canal de control incorporado
EPL	Ethernet private line	Canal privado ethernet
FC	Fixed Connection.	Conexión fija
FPGA	Field-programmable gate array	Campo de matriz de puertas programables
GFP	Generic framing procedure	Procedimiento de entramado

		genérico
GPS	Global Positioning System	Sistema de posicionamiento global
HDB3	High Density Bipolar of order 3 code	Código bipolar de alta densidad de orden 3
HDLC	High-Level Data Link Control	Control de enlace de datos de alto nivel
HO VC	Higher Order VC	VC de orden superior
ISDN	Integrated Services Digital Network	Red Digital de Servicios Integrados
ITU-T	International Telecommunications Union	Unión Internacional de Telecomunicaciones
LAN	Local area Network	Red de área local
LAPS	Link Access Procedure SDH	Proceso de acceso de enlace SDH
LED	Light-emitting diode	Diodo de emisión de luz
LO VC	Lower Order VC	VC de orden inferior
LO-POH	LowerOrderPOH)	Cabecera de camino de bajo orden
LPT	Lower order Path Termination	Terminación de ruta de orden inferior
MAN	Metropolitan Area Network	Redes de área metropolitana
MLM	Multi-Longitudinal Mode	Multimodo
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Multiprotocolo por conmutación de etiquetas
MSOH	Multiplex Section OverHead	Cabecera de Sección Multiplexora
MSP	Multiplex Section Protection	Protección de sección múltiple
MSTP	Multi-service Transmission Platform	Plataforma de transmisión de multiservicio
NE	Network Equipment Next Generation	Equipo de red
NGSDH	Synchronous Digital Hierarchy.	Jerarquía digital síncrona de siguientes generación
NRZ	Non Return to Zero	No retorno a cero
OAM	Operations, Administration, and Maintenance	Operación, administración y mantenimiento
OC	Optical Carrier	Portadora Óptica
ODF	Optical distribution frame	Panel de distribución óptica
OSN	Optical Switch Node	Nodo Óptico Switch
PC	Personal computer	Computadora personal

PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Plesiócrona
PIU	Power Interface Unit	Unidad de interfce óptica
POH	Path Overhead	Cabecera de camino
PP ring	Path protection ring	Anillo de protección de ruta
PRBS function	Pseudo-Random Binary Sequence function	Función Secuencia binaria pseudo-aleatoria
PRC	Primary Reference Clock	Reloj de referencia primario
PTE	Path Terminating Element	Elemento de terminación de trayecto
PTR	Pointer tributary	Puntero de Unidad Tributaria
RSOH	Regeneration Section Overhead	Cabecera de Sección Regeneradora+
SAN	Storage area network	Red de Área de Almacenamiento
SASE	Stand Alone Synchronization Equipment	Equipo de sincronización independiente
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Síncrona
SETS	Synchronous Equipment Timing Source	Fuente de tiempo del equipo de sincronización
SF	Signal Fail	Señal de falla
SFP	Small form-factor pluggable	Factor de forma pequeño conectable.
SMB connector	SubMiniature version B	Subminiatura versión B
SNCMP	Subnetwork Connection Multi-protection.	Subred multi-protección. de conexión
SNCP	SubNetwork Connection Protection.	Subred de protección de conexión.
SNCTP	Subnetwork Connection Tunnel Protection	Subred de protección de tunel
SOH	Section Overhead	Cabecera de sección
SONET	Synchronous Optical NETwork	Red Óptica Síncrona
SSM	Synchronization Status Message.	Sincronización de mensajes de estado.
SSM	Synchronization Status Message	Mensaje de estado de sincronización
SSU	Synchronization System Unit	Unidad de sistema de sincornización

STM	Synchronous Transport Module	Módulo de transporte síncrono
STS	Synchronous Transport Signal level 1.	Transporte síncrono de nivel de señal.
TCM	Tandem Connection Monitor.	Monitoreo de la conexión Tandem
TM	Terminal Multiplexer	Multiplexor Terminal
TU	Tributary unit	Unidad Tributaria
TUG	Tributary unit group	Grupo de Unidad Tributaria
UPM	Uninterruptible power modules	Módulos de alimentación ininterrumpida
VC	Virtual container	Contenedor virtual
VLAN	Virtual local area network	Red de área local virtual
WDM	Wavelength-division multiplexing	Multiplexación por División de Onda
WTR time	Wait to restore time	Tiempo de espera de restauración

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Multiplexor Terminal (TM).....	2
Figura 1.2 Multiplexor Add/Drop (ADM).....	3
Figura 1.3 Cross-Conector Digital (DXC).....	4
Figura 1.4 Regenerador óptico.....	5
Figura 1.5 Regenerador eléctrico.....	5
Figura 1.6 Topología Cadena Punto a Punto [1].....	7
Figura 1.7 Topología Cadena Punto - Multipunto [1].....	7
Figura 1.8 Red Estrella [1].....	8
Figura 1.9 Red Estrella [4].....	9
Figura 1.10 Red Árbol [3].....	10
Figura 1.11 Topología Anillo [1].....	11
Figura 1.12 Topología Malla Completa o Ideal [3].....	12
Figura 1.13 Topología Malla Parcial o no Ideal [1].....	12
Figura 1.14 Señales en SDH.....	14
Figura 1.15 Representación de un STM-1 y su transmisión byte a byte.....	15
Figura 1.16 Estructura de un STM-N.....	16
Figura 1.17 Bytes de la Sección de Cabecera.....	17
Figura 1.18 Descripción de los Bytes de la SOH.....	18
Figura 1.19 Puntero AU-PTR.....	19
Figura 1.20 Bytes del LO-POH y HO-POH.....	21
Figura 2.1 Estructura de Multiplexación SDH para la ITU-T Rec. G.707/Y.1322 [6].....	27
Figura 2.2 Estructura de Multiplexación SDH empleadas en productos Huawei.....	28
Figura 2.3 Añadiendo un AU-PTR antes del VC4.....	31
Figura 2.4 Señales de 140Mbps a STM-1.....	32
Figura 2.5 Señales de 34Mbps a STM-1.....	34
Figura 2.6 Formación de la Multitrama a partir de C-12.....	35
Figura 2.7 LO-POH agregados a la Multitrama.....	36
Figura 2.8 Formación de TUG-2.....	37
Figura 2.9 Señales 2Mb/s a STM-1.....	38
Figura 2.10 Sección de la Estructura de Multiplicación SDH para la tarjeta N1SLD4.....	45
Figura 2.11 Sección de la Estructura de Multiplexación SDH para la tarjeta R1SL1.....	46
Figura 2.12 Sección de la Estructura de Multiplexación SDH para la tarjeta N1PQ1B.....	47
Figura 2.13 Sección de la Estructura de Multiplexación SDH en la tarjeta N1PL3A.....	48
Figura 2.14 Sección de la Estructura de Multiplexación SDH para la tarjeta EGT2.....	51

Figura 3.1 Canales de trabajo y canales de protección [3].....	55
Figura 3.2 Representación Protección MS 1+1 Lineal.	56
Figura 3.3 Representación de la Protección Lineal MS M:N [3].	58
Figura 3.4 Anillo PP Unidireccional.	61
Figura 3.5 Alarmas y Conmutación en Anillo PP Unidireccional.....	62
Figura 3.6 Dirección del tráfico en Anillo MSP Unidireccional	68
Figura 3.7 Bytes K1 y K2.	68
Figura 3.8 Vista de una fibra en el anillo MSP bidireccional STM-16 [3].	69
Figura 3.9 Anillo MSP Unidireccional en condiciones normales.....	70
Figura 3.10 Anillo MSP unidireccional en condiciones de falla.	72
Figura 3.11 Retorno del Anillo MSP Unidireccional a condiciones normales 1.	73
Figura 3.12 Retorno del Anillo MSP Unidireccional a condiciones normales 2.	74
Figura 3.13 Estructuras topológicas de red adaptables a SNCP.	77
Figura 3.14 Representación de Protección SNCP [3].....	78
Figura 3.15 Funcionamiento de SNCP en condiciones de falla [3].	79
Figura 3.16 Tiempo WTR para SNCP (configurable 5-12min) [3].....	80
Figura 4.1 Secciones del OSN 1500B [12].....	83
Figura 4.2 Áreas de tarjetas del OSN 1500B [13].	85
Figura 4.3 Ranuras 11-13 sin división con capacidad de 2.5 Gbit/s.....	87
Figura 4.4 Ranuras 11-13 divididas con capacidad de 1.25 Gbit/s en cada media ranura.	87
Figura 4.5 Equipos OSN 1500B del laboratorio de Telecomunicaciones.	88
Figura 4.6 Apariencia y Tipos de tarjeta [12].	89
Figura 4.7 Tarjetas que ocupan las ranuras del equipo FIEC1.	90
Figura 4.8 Tarjetas que ocupan las ranuras del equipo FIEC3.	91
Figura 4.9 Vista frontal de la tarjeta N1SLD4 [13].	94
Figura 4.10 Código de barras de 16 caracteres de fabricación [13].	95
Figura 4.11 Vista frontal de la tarjeta R1SL1 [13].....	97
Figura 4.12 Vista frontal de la tarjeta N1PQ1B [13].	100
Figura 4.13 Vista frontal de la tarjeta N1PL3A [13].	103
Figura 4.14 Vista frontal de la tarjeta R1EFT4 [13].....	105
Figura 4.15 Vista frontal de la tarjeta N1EGT2 [13].	107
Figura 4.16 Vista frontal de la tarjeta N1D12S [13].....	109
Figura 4.17 Vista frontal de la tarjeta Q2CLX1 [13].	112
Figura 4.18 Vista frontal de la tarjeta R1EOW [13].	115
Figura 4.19 Vista frontal de la tarjeta R1AUX [13].	116
Figura 4.20 Transmisión (Tx) – Recepción (Rx) [14].	118
Figura 4.21 Fibra óptica Monomodo.....	121
Figura 4.22 Fibra óptica Multimodo.....	122

Figura 4.23 Cable de señal 120 ohm x 8 E1 [13].....	124
Figura 4.24 Panel de conexión.	124
Figura 4.25 Cable de señal E3/T3/STM-1 [13].....	125
Figura 4.26 Cable ordinario de teléfono [13].	126
Figura 4.27 Conector FC macho.	127
Figura 4.28 Conector LC macho.	128
Figura 4.29 Módulo SFP para conectores LC.....	128
Figura 4.30 Adaptador FC-FC.	129
Figura 4.31 Atenuadores tipo LC de 5dB.....	130
Figura 4.32 Atenuadores tipo FC de 5dB.....	130
Figura 4.33 Conector coaxial tipo SMB macho.....	130
Figura 4.34 Conector coaxial tipo BNC.....	131
Figura 4.35 Conector RJ-11.	132
Figura 4.36 Conector RJ-45.	132
Figura 4.37 Conector hembra DB-44 [13].	134
Figura 4.38 Adaptador coaxial.	136
Figura 5.1 Modo de sincronización seudo síncrono.....	145
Figura 5.2 Modo de sincronización Maestro/Esclavo.	145
Figura 5.3 Modos de operación de equipos esclavo.	147
Figura 5.4 Estructura de reloj: Anillo [17].	152
Figura 5.5 Estructura de reloj: Estrella jerárquica con caminos redundantes [17].....	153
Figura 5.6 S1 Byte	155
Figura 5.7 Protección automática de reloj 1.	156
Figura 5.8 Protección automática de reloj 2.	157
Figura 5.9 Bucle de sincronización.	158
Figura 5.10 Aplicación del ID de reloj.....	158
Figura 5.11 Aplicación del ID de reloj 2.....	159
Figura 5.12 Representación de las características de sincronización a configurar.....	161
Figura 5.13 Mecanismo de Protección MSP Lineal [3].	168
Figura 5.14 Representación de la división lógica de los puertos SDH y VC-4 de la tarjeta N1SLD4.....	177
Figura 5.15 Tarjeta de procesamiento de datos N1EGT2 [13].	186
Figura 5.16 Fibra óptica multimodo.....	187
Figura 5.17 Conectores LC y FC.	188
Figura 5.18 Tarjeta de procesamiento PDH N1PL3A y conector SMB [13].....	188
Figura 5.19 Servicio EPL Punto a Punto.....	190
Figura 5.20 Servicio EPL Puerto Compartido.....	191
Figura 5.21 Servicio EPL VCTRUNK Compartido.	192

Figura 5.22 Tarjeta de procesamiento de datos R1EFT4 [13].....	197
Figura 5.23 Sistema de comunicación Orderwire.	215
Figura 5.24 Tarjeta Auxiliar EOW [13].....	216
Figura 5.25 Orderwire Bytes	216
Figura 5.26 Llamada orderwire al teléfono 1041 desde el 1021.	217
Figura 5.27 Llamada de conferencia desde el teléfono 1021.....	218
Figura 5.28 Causas que representan las pérdidas en la fibra óptica. [R1].....	223
Figura 5.29 Medición de la atenuación de un tramo de fibra utilizando una tarjeta OTDR.	226
Figura 5.30 Eventos del tramo de fibra óptica mostrados por el OTDR.	227
Figura 5.31 Medidor de Potencia Óptica Manual JOINWIT JW3206.....	229
Figura 5.32 Cálculo del valor de potencia ideal para la tarjeta SLD4.....	230

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Velocidades de bit en SDH [4].	13
Tabla 2.1 Equivalencia en Jerarquías Digitales SDH y SONET [7].....	25
Tabla 2.2 Tamaño de los contenedores [9].....	40
Tabla 3.1 Comparación entre los mecanismos de protección.	81
Tabla 4.1 Tarjetas disponibles en el Laboratorio de Telecomunicaciones.	91
Tabla 4.2 Funciones y características de la N1SLD4 [13].....	93
Tabla 4.3 Especificaciones de la interfaz	95
Tabla 4.4 Funciones y características de la R1SL1 [13].....	97
Tabla 4.5 Especificaciones de la interfaz óptica de la R1SL1 [13].....	98
Tabla 4.6 Funciones y características de la N1PQ1B [13].....	100
Tabla 4.7 Funciones y características de la N1PL3A [13].....	102
Tabla 4.8 Características eléctricas de las interfaces de la N1PL3A [13].	103
Tabla 4.9 Funciones y características de la R1EFT4 [13].	104
Tabla 4.10 Funciones y características de la N1EGT2 [13].	106
Tabla 4.11 Especificaciones de la interfaz óptica de la N1EGT2 [13].	107
Tabla 4.12 Funciones de la unidad SDH de la Q2CLX1 [13].	111
Tabla 4.13 Funciones de la unidad SCC de la Q2CLX1 [13].....	111
Tabla 4.14 Funciones de la unidad cross-conectora de la Q2CLX1 [13].	112
Tabla 4.15 Funciones de la unidad de reloj de la Q2CLX1 [13].....	112
Tabla 4.16 Especificaciones de la interfaz óptica de la Q2CLX1 [13].	113
Tabla 4.17 Funciones y características de la R1EOW.	114
Tabla 4.18 Funciones y características de la R1AUX.	116
Tabla 4.19 Estándares T568A y T568B.	133
Tabla 4.20 Cableado de los estándares RJ48C y RJ48X.	134
Tabla 4.21 Asignación de pines del cables 120 ohm x 8 E1 hacia el conector DB-44 [13]....	135
Tabla 5.1 Códigos de información de estado de sincronización. [19].	154
Tabla 5.2 Tabla de prioridad a configurar.	160
Tabla 5.3 ID de reloj y Calidad de reloj a configurar.	160
Tabla 5.4 Identificación por color de niveles de alarmas.	204

INTRODUCCIÓN

Las prácticas serán elaboradas e implementadas dentro del Laboratorio de Telecomunicaciones de la FIEC. El equipo de comunicaciones a utilizarse es el Huawei OSN Optix 1500B, que funciona principalmente en la capa de acceso de la MAN y se basa en la tecnología de transporte TDM integrando tecnologías como SDH, PDH y Ethernet. Junto con el equipo anterior se utiliza un computador que tiene instalado el software de administración Optix iManager T2000 Server y Optix iManager T2000 Client y que está conectado vía ethernet a unos de los OSN. Por último disponemos de enrutadores Quidway AR 28-30 y de una laptop con un cable de consola para realizarles las respectivas configuraciones. Las prácticas a realizarse se centraran en la identificación y descripción del sistema de transmisión óptico, además de la detección y puesta en marcha de las alarmas, terminando con la sincronización de los equipos, configuración de servicios y protecciones. Los resultados obtenidos de la configuración de los diferentes escenarios son proporcionados por el software de control y monitoreo Optix iManager T2000 Client y serán usados como herramienta de verificación dentro de la elaboración de las prácticas.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SDH.

En este capítulo se revisan los conceptos básicos referentes a la teoría SDH. En un principio se dan a conocer los elementos que componen la red SDH así como también una breve descripción de las características de estos elementos y tareas dentro de la red. En la primera sección se mencionan las estructuras topológicas más conocidas que se aplican en los elementos de la red SDH para su interconexión.

En el contenido de este capítulo también se exponen las tasas de transmisión de acuerdo a la tecnología SDH y el manejo de sus unidades de acuerdo a los valores de transmisión alcanzados. Finalmente se explica cómo se estructura la trama SDH, las partes que intervienen, las funciones de estas partes y la forma en que son procesadas para la obtención de la trama básica STM-1.

1.1. ELEMENTOS DE UNA RED SDH

En una red SDH, se denomina elemento de red a los equipos que cumplen funciones específicas para llevar a cabo la transmisión y que se encuentran interconectados por medio de fibra óptica. Existen diferentes elementos de red, entre los que se mencionan: El multiplexor terminal, multiplexor de adición/extracción, Regenerador y Cross-Conector Digital.

Multiplexor Terminal: Sus siglas son TM. Este equipo es un PTE y sólo tiene un puerto de línea, es decir una interfaz óptica [1]. Su función es agregar o extraer señales tributarias de bajo nivel (por ejemplo PDH, ATM, etc.) hacia o desde señales de alto nivel SDH (mayores al STM-1) en los nodos finales de la red. Ver Figura 1.1.

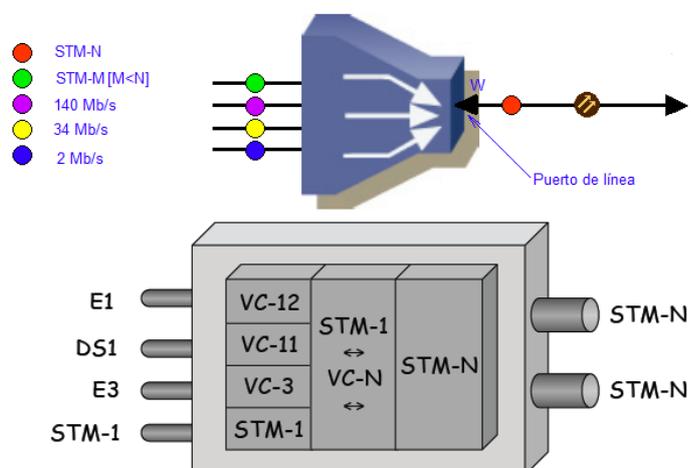


Figura 1.1 Multiplexor Terminal (TM).

Multiplexor de Adición/Extracción: Conocido también como ADM.

Tiene tres puertos: Dos puertos de línea y un puerto tributario. Se usa en estaciones de transferencia es decir en nodos intermedios de una trayectoria. Es un PTE que puede multiplexar o demultiplexar señales de baja o alta velocidad hacia o desde un flujo de datos SDH de alta velocidad STM-N en ambos puertos de línea. Se extraen o insertan sólo las señales deseadas y el resto del tráfico si son señales STM-N se cross-conectan entre los dos puertos de línea y si son señales tributarias se cross-multiplexa en el respectivo puerto de línea. Ver Figura 1.2. Los ADM son los NE más importantes de la red SDH, en funciones pueden ser equivalentes a otros equipos por ejemplo un ADM es equivalente a dos TM.

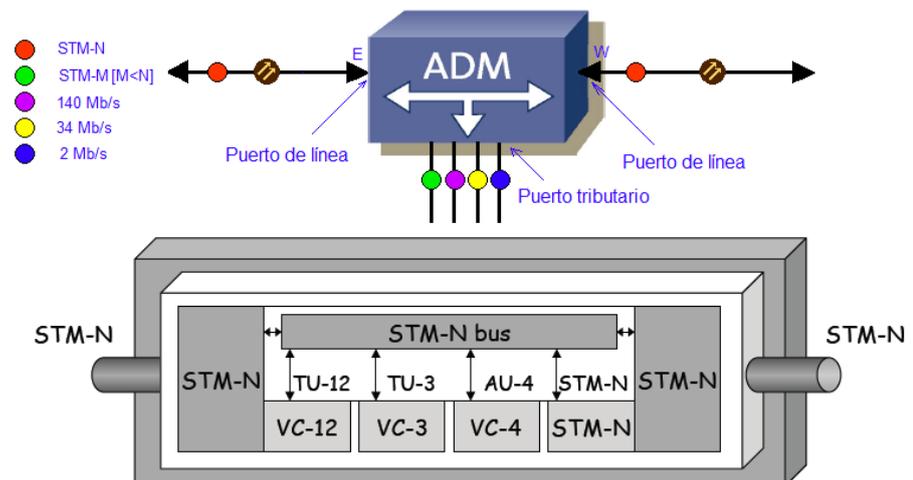


Figura 1.2 Multiplexor Add/Drop (ADM).

Cross conector digital: También se conoce como DXC. Es un dispositivo multi puerto. Es de hecho una matriz de cross-conexión cuya función principal es cross-conectar señales STM-N. Ver Figura 1.3.

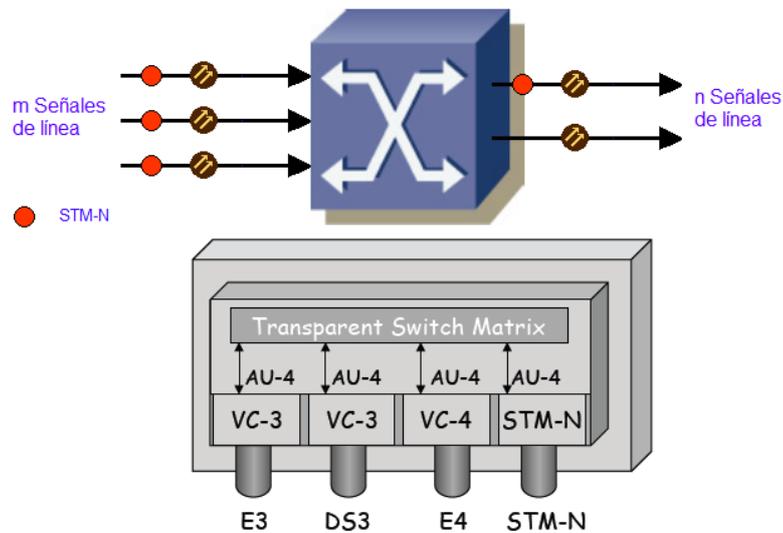


Figura 1.3 Cross-Conector Digital (DXC).

Regenerador: Es responsable de restituir el reloj y la relación de amplitud de las señales de datos entrantes que han sufrido atenuación y distorsión [2]. Tiene sólo dos puertos de línea y no tiene puertos tributarios. Sus funciones se resumen en 3R: Re-amplificación, re-construcción, re-sincronización. Existen dos clases de regeneradores: ópticos y eléctricos.

El regenerador óptico tiene como función principal la amplificación de la potencia óptica de la señal de esta manera incrementa la distancia de transmisión óptica. Ver Figura 1.4.

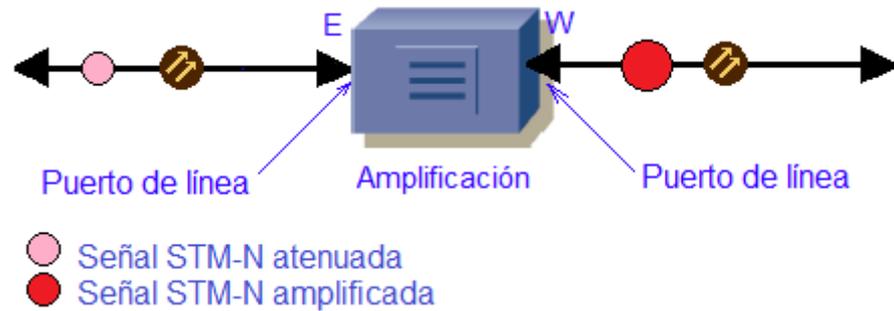


Figura 1.4 Regenerador óptico.

El regenerador eléctrico, usado en la regeneración de la señal de reloj, tiene como función evitar el ruido que se genera en la línea debido a la conversión óptica/eléctrica, muestreo eléctrico de la señal, ajuste, regeneración y reestructuración, y la conversión eléctrica/óptica. Ver Figura 1.5.



Figura 1.5 Regenerador eléctrico.

1.2. TOPOLOGÍAS DE LA RED

Se denomina topología de red a la disposición geométrica de los elementos de red y de las líneas transmisión. El diseño topológico incide en la eficiencia, fiabilidad, rendimiento y desempeño de la red, además del costo de implementación.

En una red SDH, la topología se compone de elementos de red, denominados NE, interconectados con fibra óptica y se clasifican de la siguiente manera:[3]

- Red Estrella (Star)
- Red Árbol (Tree)
- Red Anillo (Ring)
- Red Malla (Mesh)

Red Cadena, tipo bus o lineal: En una red cadena los nodos se encuentran interconectados uno después de otro en una línea, a manera de secuencia, conservando ambos extremos abiertos.

La implementación de esta topología puede ser de dos tipos:

- Red Cadena Punto a Punto.
- Red Cadena Punto-Multipunto.

Red Cadena Punto a Punto: Se conectan dos PTEs (que pueden ser ADMs o TMs) a través de fibra oscura como se representa en la Figura 1.6. Se puede colocar en el trayecto equipos regeneradores de señal.

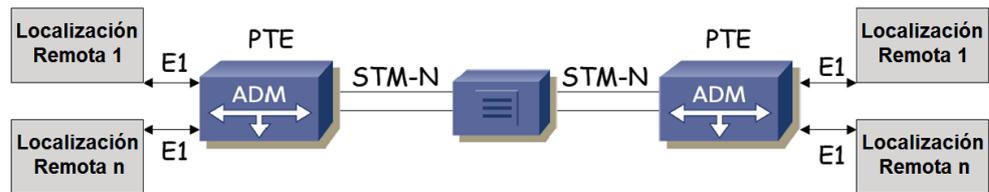


Figura 1.6 Topología Cadena Punto a Punto [1].

Red Cadena Punto – Multipunto: Se conoce también con el nombre de arquitectura de Adición/Extracción y permite separar circuitos en el camino [1]. El transporte del tráfico puede ser añadido o extraído en cualquier nodo de la red debido a que colocan equipos ADM en los nodos intermedios como se muestra en la Figura 1.7 [4]. En esta topología se puede hallar también equipos regeneradores de señal [1].

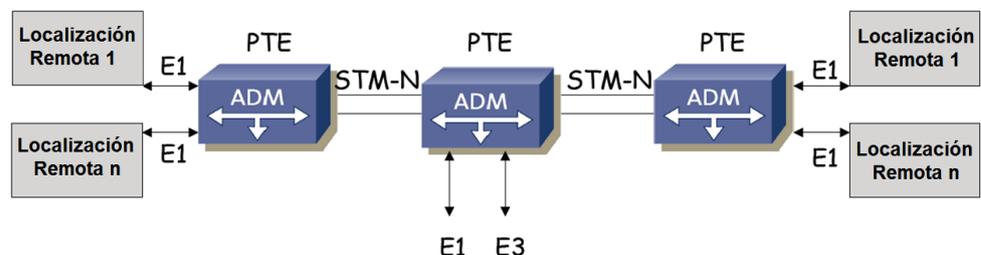


Figura 1.7 Topología Cadena Punto - Multipunto [1].

La implementación tiene un bajo costo y además esta topología es fácil de operar, administrar y mantener [3]. Generalmente, las redes cadena se usan cuando la demografía del sitio es lineal y ya que se torna difícil y costosa realizar la protección (comparada con la topología anillo), es preciso usar esta arquitectura en casos donde los servicios son poco relevantes y la carga es mínima de tal manera que no hay necesidad de colocar protección al tráfico [3].

Red Estrella (Hub and spoke): La topología en estrella consiste en un nodo central al cual todos los nodos se conectan directamente, sin que exista algún otro enlace entre ellos. Ver Figura 1.8. Esta arquitectura permite la escalabilidad de la red.

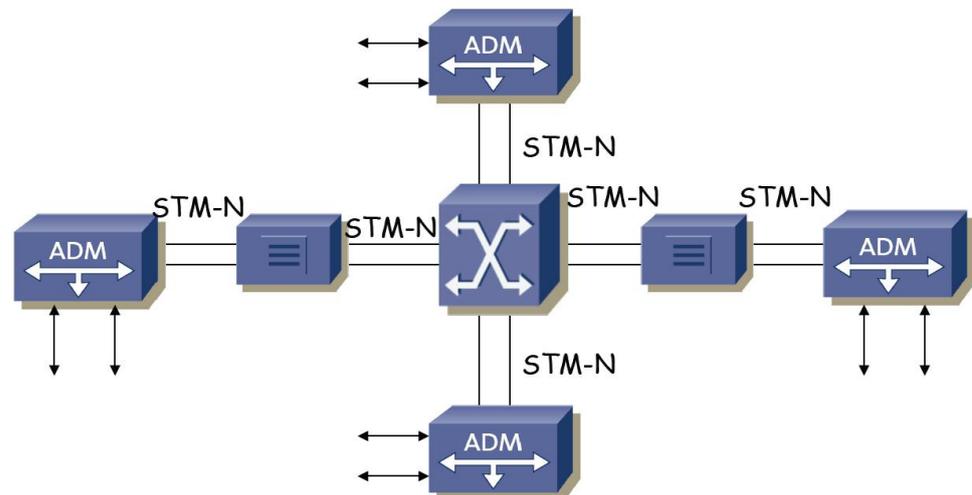


Figura 1.8 Red Estrella [1].

En esta configuración, el nodo central generalmente lo constituye un equipo cross-conector digital, el cual selecciona caminos y, a través de él, pasa el tráfico hacia cada uno de los nodos. Ver Figura 1.9. De esta manera, es posible tener un control completo sobre el ancho de banda. Sin embargo, es susceptible a la generación de cuellos de botella en el nodo central, además si éste falla, toda la red queda fuera de servicio. Por esta razón, principalmente se usa para conectar nodos distantes y con tráfico no importante [5].

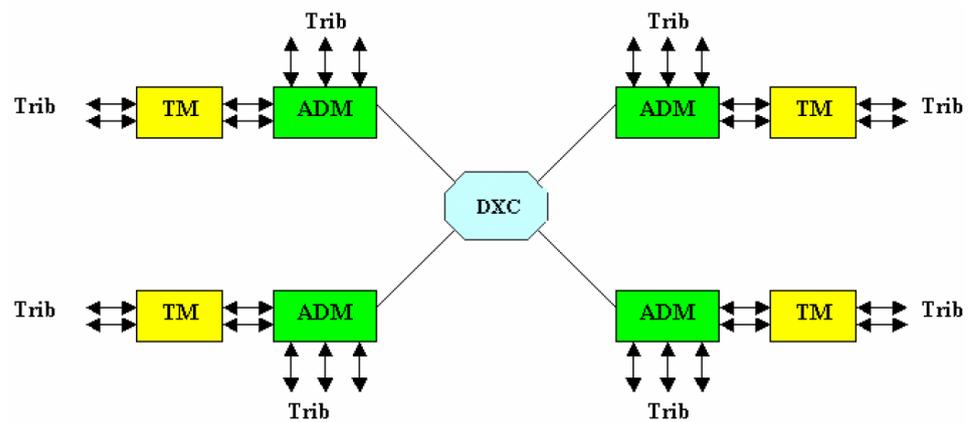


Figura 1.9 Red Estrella [4].

Red Árbol: Se puede considerar como la combinación de las estructuras cadena y estrella. Ver Figura 1.10. Es apropiada para servicios de difusión como el CATV. Sin embargo, debido al problema de cuello de botella y al límite de emisión de la potencia óptica, no es adecuado para el tráfico bidireccional [3].

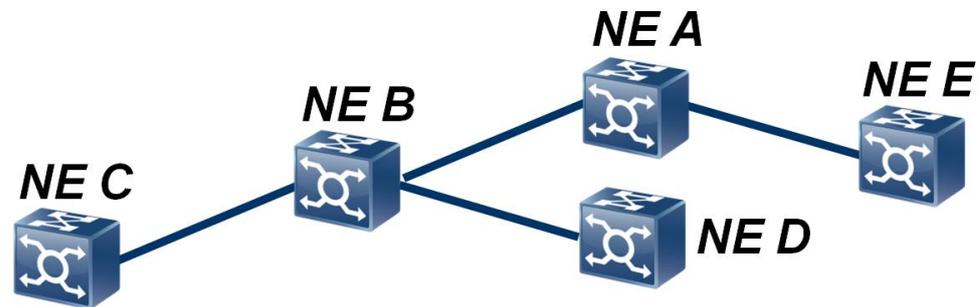


Figura 1.10 Red Árbol [3].

Red Anillo: Son redes en las cuales todos los nodos de la red se conectan uno tras otro hasta formar un círculo. Se implementan con más frecuencia debido a que crean redes altamente confiables y disponibles y ofrece varios mecanismos robustos de protección que permiten configurarlos para reorganizar automáticamente el tráfico ante caídas de enlaces y nodos. Esta es una característica deseable en las redes ópticas modernas de gran capacidad.

En esta estructura, todo el tráfico entre dos nodos adyacentes puede ser directamente añadido o extraído entre ellos. Para el tráfico entre dos nodos no adyacentes, tenemos que configurar el servicio de adición/extracción en el nodo fuente y el nodo destino, además de la cross-conexión de paso en cada uno de los nodos intermedios [3].

Los equipos de la red anillo son únicamente nodos ADM, no se encuentran TM [4]. Ver Figura 1.11.

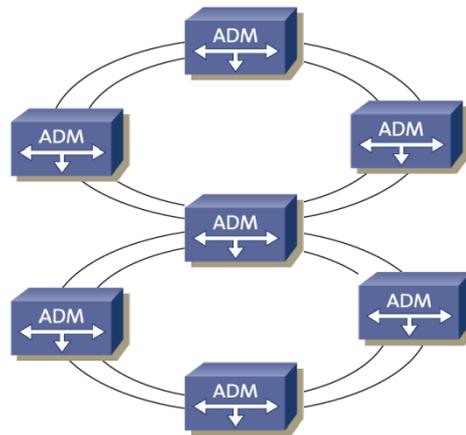


Figura 1.11 Topología Anillo [1].

Red Malla: En esta estructura muchos de los nodos están conectados entre sí a través de enlaces directos. En una topología de malla ideal, como la que se muestra en la Figura 1.12, hay rutas directas que conectan todos los nodos, en una estructura no ideal, como la que se representa en la Figura 1.13, la conexión del servicio entre dos nodos que no están directamente conectados, se establece a través de rutas de selección que transitan por medio de otros nodos [3].

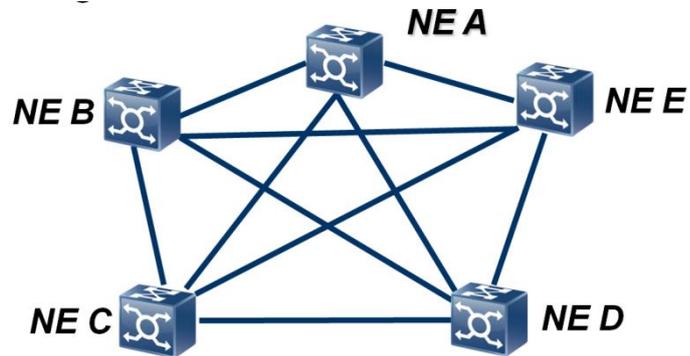


Figura 1.12 Topología Malla Completa o Ideal [3].

La topología de malla crea redes altamente disponibles pues permite seleccionar rutas alternas redundantes en caso de falla de un equipo de la red, además eliminan el problema de cuello de botella por lo que resulta óptimo implementarla en regiones donde es necesario procesar gran cantidad de tráfico y en redes de alta jerarquía de comunicación [3]. Sin embargo, son más complejas de administrar y los costos de implementación son elevados.

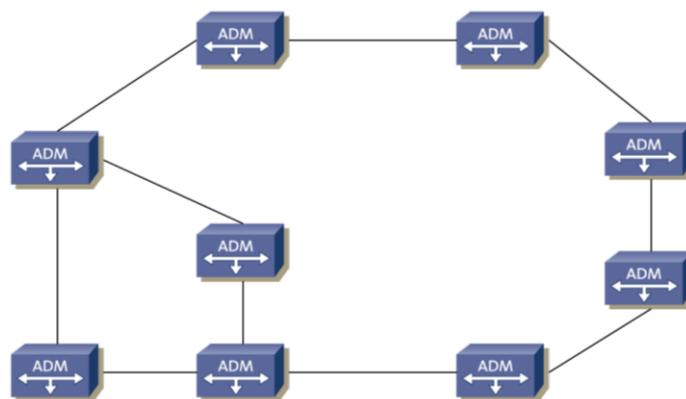


Figura 1.13 Topología Malla Parcial o no Ideal [1].

1.3. VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN DE LA RED

La recomendación ITU-T G.707/Y.1322 define que la velocidad de bit del nivel cero de una señal SDH es 51.840Mbps y que el primer nivel es 155.52Mbps. Éste último se denomina señal base y es conocido como STM-1 [6].

Las velocidades superiores en SDH son múltiplos enteros positivos del nivel STM-1 y en su nombre denotan el factor de multiplicación con respecto al primer nivel. Por ejemplo STM-16, resulta de la operación $16 \times 155.52\text{Mbps} = 2488.32\text{Mbps}$. Los demás niveles que constituyen la jerarquía digital síncrona se muestran en la Tabla 1.1:

Nivel SDH	Señal	Velocidad de bit Jerárquica (Mbps)
0	--	51.840
1	STM-1	155.52
4	STM-4	622.08
16	STM-16	2488.32
64	STM-64	9953.28
256	STM-256	39813.12

Tabla 1.1 Velocidades de bit en SDH [4].

Es decir, SDH es una jerarquía de transporte en la cual cada velocidad es un múltiplo exacto de 155.52 Mbps Ver Figura 1.14.

Se debe anotar que no existe aún especificación de los niveles superiores a 256, la ITU-T lo mantiene bajo estudio.

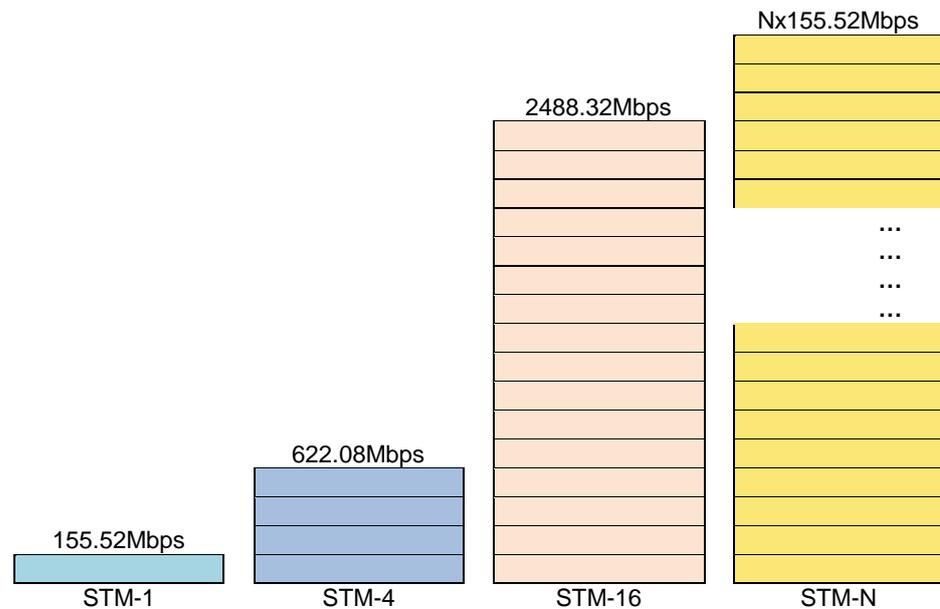


Figura 1.14 Señales en SDH.

1.4. ESTRUCTURA DE LA TRAMA BÁSICA (STM-1)

La base de la jerarquía SDH es el denominado STM-1. A esta estructura se la representa como un arreglo de dos dimensiones formado por 9 filas y 270 columnas de unidades byte. Por lo tanto, la trama STM-1 tiene 2430 bytes (9×270), los cuales se transmiten uno a uno recorriendo la matriz de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo como se muestra en la Figura 1.15 [2].

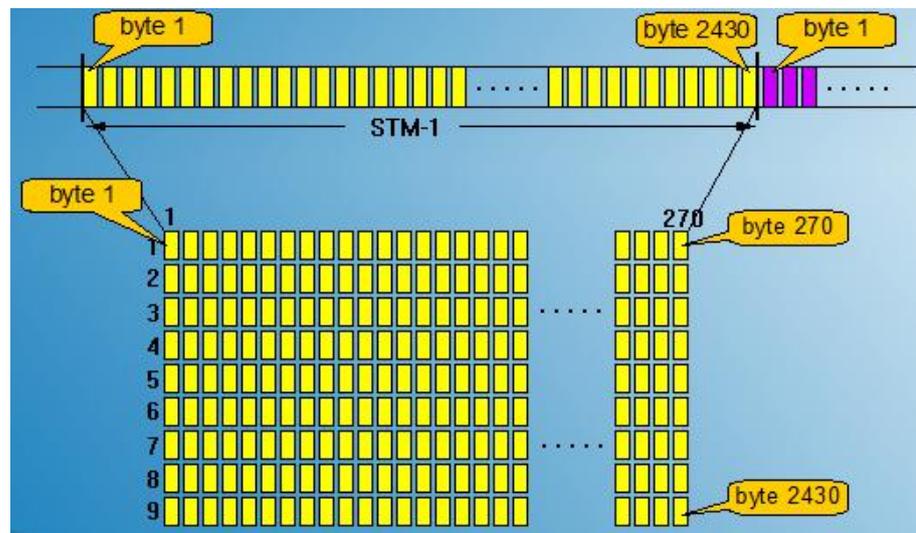


Figura 1.15 Representación de un STM-1 y su transmisión byte a byte.

El tiempo necesario para transmitir una trama es 125us, es decir, que se pueden enviar 8000 tramas por segundo. A partir de este dato y del conocimiento del número de bytes que existen, se calcula la velocidad de la señal base de la siguiente manera:

$$\text{Velocidad de bits/s de una trama STM} - 1 = 9\text{filas} \times 270\text{columnas} \times \frac{8\text{bits}}{1\text{Byte}} \times \frac{8000\text{ tramas}}{1\text{ segundo}}$$

$$\text{Velocidad de bits/s de una trama STM} - 1 = 155.52\text{ Mbps}$$

La trama STM-1 se muestra en la Figura 1.16 y está estructurada en las siguientes partes:

- SOH.
- El puntero AU-PTR.
- La carga de Información o área de carga útil.

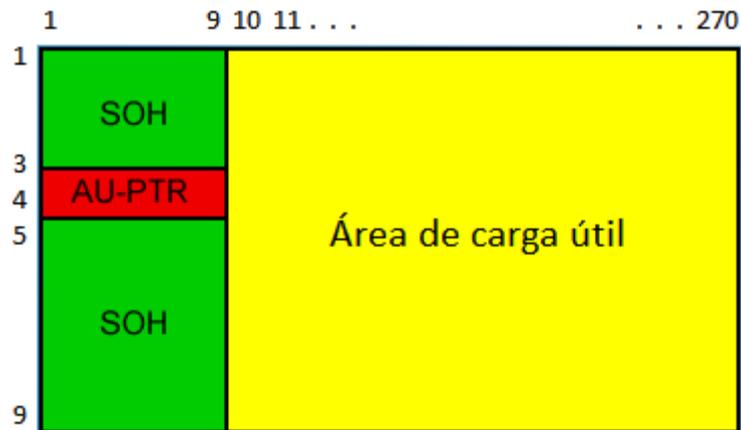


Figura 1.16 Estructura de un STM-N.

1.4.1. SOH (SECTION OVERHEAD)

Se refiere a los bytes auxiliares necesarios para implementar las funciones de administración y mantenimiento de la red de manera que se garantice la transmisión normal de la información contenida en el área de carga útil [2]. También se denomina sección de cabecera o Tara de Sección y sus funciones básicas son:

- Chequeo de paridad.
- Patrón de alineación de trama.
- Identificación de la trama STM-1.
- Información de alarma.
- Conmutación de protección automática.

- Canales destinados a los usuarios (Sin fines específicos).
- Canales de comunicación de datos.
- Canales de comunicación de voz.

La SOH puede clasificarse en RSOH y MSOH. Sus ubicaciones en la trama STM-1 se muestran en la Figura 1.17.

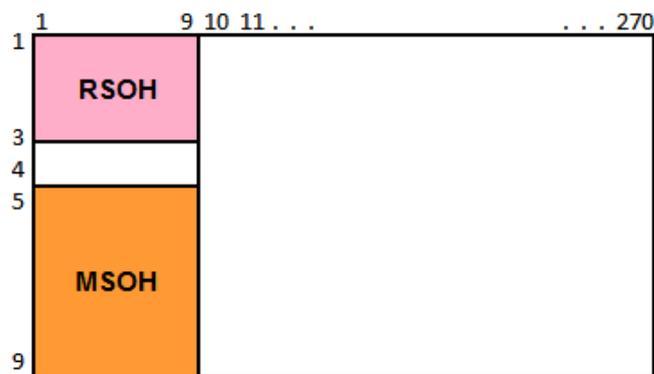


Figura 1.17 Bytes de la Sección de Cabecera.

RSOH: Su estructura consta de 27 bytes y está destinada a transferir información entre los elementos de red regeneradores. Lo constituyen las filas 1 al 3 de las columnas 1 al 9 como se muestra en la Figura 1.18.

MSOH: Esta sección está destinada a proveer funciones necesarias para monitorear y transmitir datos de la red de gestión entre elementos de red. Está conformado de 45 bytes

distribuidos en las filas 5 al 9 de las columnas 1 al 9. Ver Figura 1.18.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
RSOH	1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	X	X
	2	B1	●	●	E1	●		F1	X	X
	3	D1	●	●	D2	●		D3	◆	◆
	4	AU-PTR								
MSOH	5	B2	B2	B2	K1			K2		
	6	D4	◆		D5			D6		
	7	D7			D8			D9		
	8	D10			D11			D12		◆
	9	S1					M1	E2		

● Bytes de medios de comunicación (Enlaces de radio, Satélite)
 X Bytes reservados para uso Nacional
 ◆ Bytes para uso de Huawei

Figura 1.18 Descripción de los Bytes de la SOH.

1.4.2. PUNTEROS

Aunque la red SDH está diseñada para ser síncrona, siempre se generará pequeñas variaciones de tiempo debido al uso de diferentes señales de reloj o la distribución del mismo reloj en largas distancias. Los punteros permiten esta operación asíncrona limitada dentro de la red síncrona. Se clasifican en AU-PTR y TU-PTR.

AU-PTR: El puntero de unidad administrativa está conformado por la fila 4 de las columnas del 1 al 9 como se muestra en la Figura 1.19. Se le denomina puntero de orden superior y su función es indicar el primer byte del VC-4.

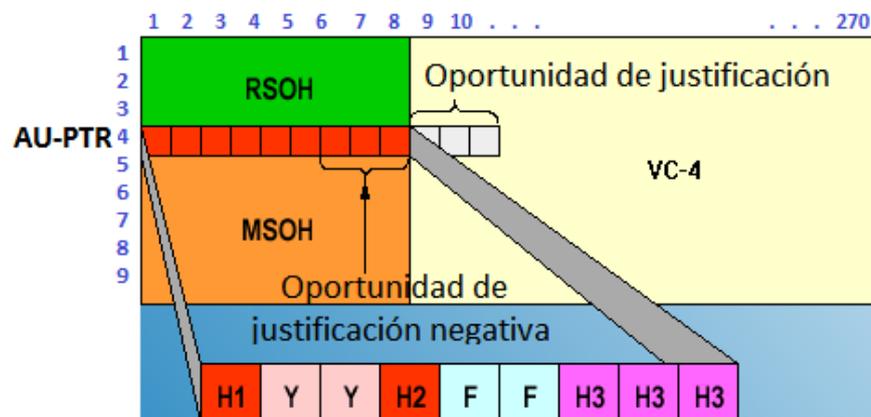


Figura 1.19 Puntero AU-PTR.

La función de añadir o extraer señales de bajo nivel directamente en o desde señales de alto nivel se realiza gracias al AU-PTR, ya que indica la ubicación exacta del primer byte de la carga útil en el marco de STM-N de manera que la carga útil se extraiga en el extremo receptor de acuerdo con el valor de este indicador de lugar (el valor del puntero).

TU-PTR: El puntero de unidad tributaria también se denomina puntero de orden inferior. La función de TU-PTR es similar a la

de la AU-PTR, pues indica el primer byte del VC-12. Está formado por 4 Bytes.

1.4.3. CARGA DE INFORMACIÓN

La carga de información o carga útil es la información propiamente dicha y es también conocida como VC4 en el STM-1. Es la que se usa para transportar señales tributarias de baja velocidad. Ocupa las columnas 10-270 y contiene al POH. Esto se representa en la Figura 1.16.

1.4.4. POH (PATH OVERHEAD)

Está constituida por 9 bytes de la columna 10 mostrados en la Figura 1.20. El POH está destinado a manejar la información concerniente al camino por el cual circulará la comunicación. Se clasifica en HO-POH y LO-POH. Las funciones básicas del POH son:

- Mensajes de la trayectoria de camino.
- Punteros de la carga útil.
- Estructura del contenedor virtual.
- Alarmas e información de desempeño.

- Indicación de multi-trama para las unidades tributarias.
- Conmutación por protección de camino.

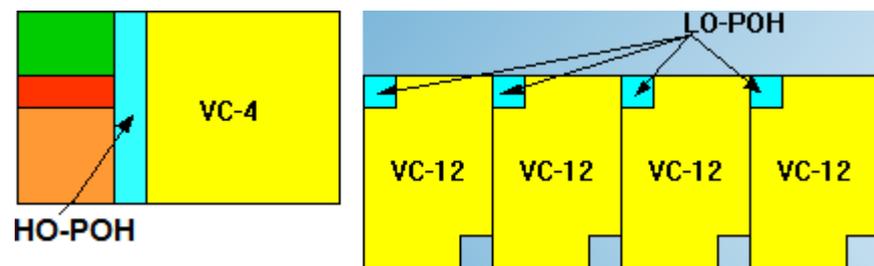


Figura 1.20 Bytes del LO-POH y HO-POH.

CAPÍTULO 2

2. MULTIPLEXACIÓN EN UNA RED SDH

En este capítulo se muestra cómo SDH es una tecnología de transmisión basada en la multiplexación en el tiempo que utiliza la fibra óptica como medio de transmisión, realiza las funciones de amplificación, encaminamiento, extracción e inserción de señales, en el dominio eléctrico.

Se explica cómo gracias a la capacidad de multiplexación sucesiva de módulos STM-1 permite diferentes tasas de bit o STM, desde STM-1 (155 Mbps) hasta SMT-256 (40 Gbps), siendo E1 (2 Mbps) o T1 (1,5 Mbps) la tasa mínima susceptibles de manejar. Todo esto se refleja en la variedad de servicios a ofrecer y la ventaja que representa su uso para el manejo de tramas que permitan transportar canales de servicios de mediana y gran capacidad. Además se indicará los elementos de

multiplexación usados durante el proceso para la conversión a la trama SDH.

Finalmente se explica otra característica importante de SDH que consiste en la compatibilidad con la tecnología de transporte precedente, es decir PDH, detallando la forma en que se realiza el mapeo sincrónico de las señales PDH en el contenedor virtual para su transformación en una trama SDH.

2.1. TRAMAS STM-N

La ventaja de las redes SDH es la capacidad de multiplexación sucesiva de módulos STM-1 por medio del entrelazado de Bytes por lo que no se define la trama para las velocidades superiores a 155 Mbps. STM-1 es la única trama que se define.

Las señales de niveles más altos están formadas por la multiplexación de diversas señales de nivel 1 (STM-1), creando un grupo de señales STM-N, donde la N indica que la señal es multiplexada por N números de señales STM-1 por medio de la intercalación de bytes y puede tomar los valores de 1, 4, 16, 64 y 256.

$$\text{STM-1} = 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 155 \text{ Mbps.}$$

$$\text{STM-4} = 4 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 622 \text{ Mbps.}$$

$$\text{STM-16} = 16 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 2.5 \text{ Gbps.}$$

$$\text{STM-64} = 64 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 10 \text{ Gbps.}$$

$$\text{STM-256} = 256 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 40 \text{ Gbps.}$$

Cuando las N señales STM-1 son multiplexadas en una señal STM-N, sólo las columnas de las señales STM-1 son multiplexadas a través de la intercalación de bytes. Mientras que el número de filas queda constantemente en 9. De acuerdo al principio de transmisión SDH se tiene que las señales son transportadas bit a bit en líneas, es decir, cada byte dentro de la estructura de la trama es transmitido bit a bit de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Luego que una fila se transmita se continúa con la siguiente. De manera similar, después que se complete el envío de una trama comenzará el envío de la siguiente.

Realizando una comparación de la tasa de bit para las tramas SDH y SONET se tiene que ambas son un conjunto de estándares para la transmisión de datos síncronos a través de las redes de fibra óptica aunque tienen pequeñas diferencias técnicas. SONET, por su parte, es utilizada en Estados Unidos, Canadá, Corea, Taiwan y

Hong Kong; mientras que SDH es utilizada en el resto del mundo. Los estándares de SONET están definidos por la ANSI y los SDH por la ITU-T. En la Tabla 2.1 se muestra la equivalencia entre SDH y SONET en cuestión de velocidades o tasas de bits.

SONET			SDH
Señal de Transporte síncrono	Portadora Óptica	Tasa de BIT MBPS	Módulo de transporte síncrono
STS-1	OC-1	51,84	...
STS-3	OC-3	155,52	STM-1
STS-9	OC-9	466,56	...
STS-12	OC-12	622,08	STM-4
STS-18	OC-18	9333,12	...
STS-24	OC-24	1244,16	...
STS-36	OC-36	1866,24	...
STS-48	OC-48	2488,32	STM-16
STS-192	OC-192	9953,28	STM-64

Tabla 2.1 Equivalencia en Jerarquías Digitales SDH y SONET [7]

La ITU-T define también que la frecuencia debe ser 8000 tramas por segundos para todos los niveles en la jerarquía STM. Esto significa que la longitud de la trama o el periodo de la trama es un valor constante de 125us, lo que representa una de las principales características de las señales SDH. Por ejemplo, la tasa de datos de la transmisión STM-4 es constantemente 4 veces la de STM-1, y STM-16 es 4 veces de STM-4 y 16 veces de STM-1. Esta regularidad de las señales SDH permite directamente subir o bajar las señales SDH de tasa más baja a señales SDH de tasa más alta

o viceversa, especialmente para la transmisión de alta capacidad.

La multiplexación SDH incluye:

- Señales SDH de tasa más baja a tasas altas.
- Señales PDH a SDH.
- Señales de otras jerarquías a señales SDH.

Señales SDH de tasa más baja a tasas altas: Transformación de señales STM-1 a señales STM-N por medio de la intercalación de bytes por multiplexación de cuatro en uno. Ej. 4STM-1 --> STM-4; 4STM-4 --> STM-16.

Señales PDH a SDH: Conversión de señales plesiócronas a señales SDH. (Ej: 2Mbps, 34Mbps, 140 Mbps → STM-N)

Señales de otras jerarquías a señales SDH: Conversión a señales STM-N de señales provenientes de otras jerarquías a parte de PDH, tales como señales IP o señales ATM a señales STM-N.

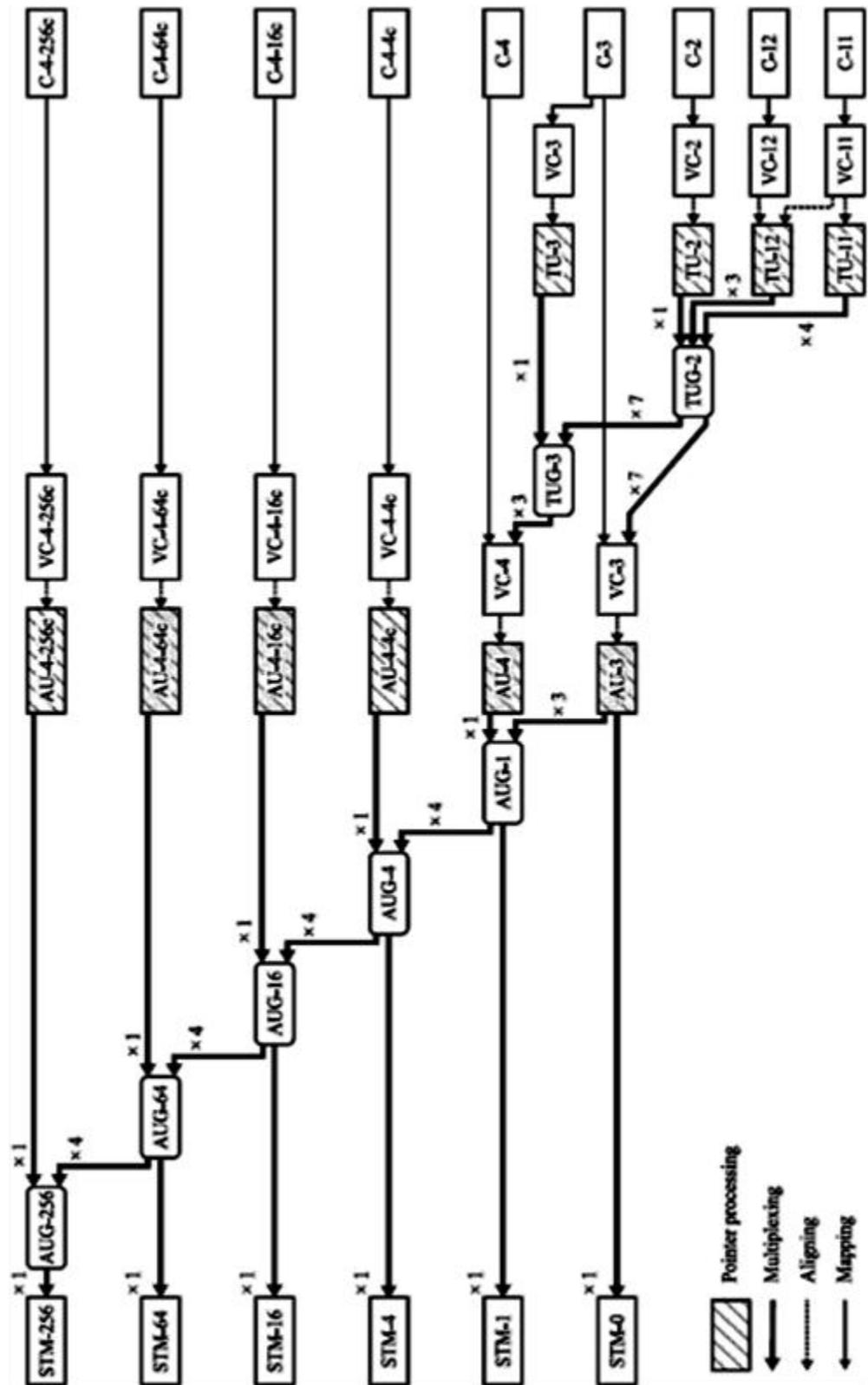


Figura 2.1 Estructura de Multiplexación SDH para la ITU-T Rec. G.707/Y.1322 [6]

Como se muestra en la Figura 2.1, la ITU-T define una completa estructura de la multiplexación, a través de la cual las señales PDH pueden ser multiplexadas dentro de las señales STM-N.

La Estructura de Multiplexación SDH empleadas en los productos Huawei se muestra en la Figura 2.2.

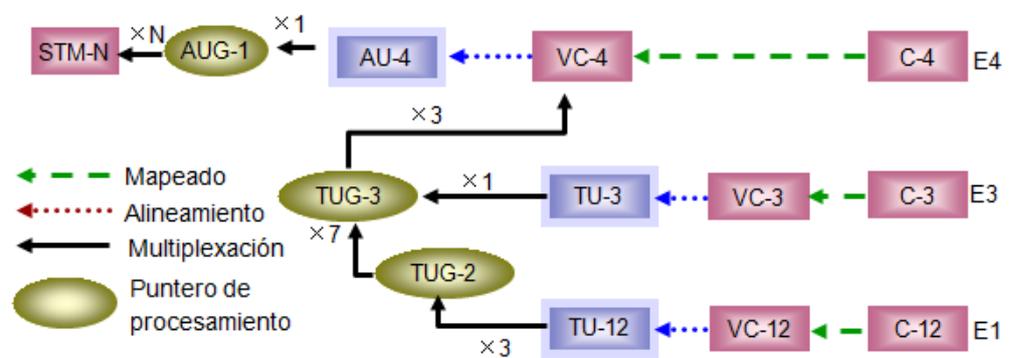


Figura 2.2 Estructura de Multiplexación SDH empleadas en productos Huawei.

Las señales tributarias son multiplexadas dentro de señales STM-N a través de 3 procedimientos: Mapeado, Alineamiento y Multiplexación [8].

El Mapeado SDH, es un procedimiento mediante el cual el tributario se adapta en contenedores virtuales. Ejemplo: E1 dentro de VC-12.

La Alineación SDH, es el procedimiento en el cual se agrega el puntero TU-PTR o el puntero AU-PTR a los VC-12, VC-3 o VC-4

dependiendo de la señal resultante a obtener. El puntero localiza el punto de inicio del VC dentro del TU o AU. Así en la recepción final se puede separar correctamente el correspondiente VC.

La Multiplexación SDH, es el procedimiento donde los TU se organizan dentro del orden superior del VC o los AU se organizan dentro de STM-N por intercalación de bytes.

De manera general podemos decir que el proceso de multiplexación SDH presenta varias de ventajas en comparación al proceso de multiplexación PDH debido a que resulta mucho más directo, ya que gracias a la utilización de punteros logra una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de información, además que el procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de STM-1. También las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente por cada elemento de la red.

Otra ventaja importante es que las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas en unidades de menor orden permitiendo la posibilidad de mezclar el tráfico de distinto tipo lo que da como resultado redes flexibles. Las redes flexibles generan

compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos proveedores debido a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y ópticos. Aunque es importante recordar que existe siempre la necesidad de sincronismo entre los elementos de la red SDH, es decir que se necesita que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización o frecuencia de reloj. Otro detalle a tener en cuenta es que el número de Bytes destinados a la Tara de Sección es significativo.

2.2. SEÑALES PDH A SDH

Con el fin de alcanzar un estándar internacional, las interfaces con tasas de bit PDH deben ser llevadas a la estructura SDH.

2.2.1. SEÑALES DE 140 Mbps A STM-1

Primero, la señal PDH de 140Mb/s es adaptada por medio de la justificación de bytes dentro de un contenedor C-4. El contenedor C-4 tiene 9 filas x 260 columnas (2340bytes). La velocidad de la trama del contenedor C-4 es de 8000tramas/s, es decir 125us cada trama. La tasa de la señal E4 después de la adaptación queda = $8000 \text{ tramas/s} \times 9 \text{ filas} \times 260 \text{ columnas}$

$X 8 \text{ bits} = 149.760 \text{ Mb/s}$. Una columna de POH es añadida en frente de cada bloque C-4 con el objetivo de implementar monitoreo en tiempo real para la señal de 140Mb/s. El bloque resultante es llamado Contenedor Virtual VC-4. El VC-4 es cargado dentro en la información de la carga de la trama STM-1.

La localización del VC-4 dentro de la carga útil puede desbordarse cuando es cargada, es decir una parte del VC-4 es transmitida en una trama STM-1 y otra parte es cargada en la siguiente trama. El problema se resuelve añadiendo un AU-PTR antes del VC-4. El cual indica el comienzo del VC-4 en la carga útil. Ver Figura 2.3.

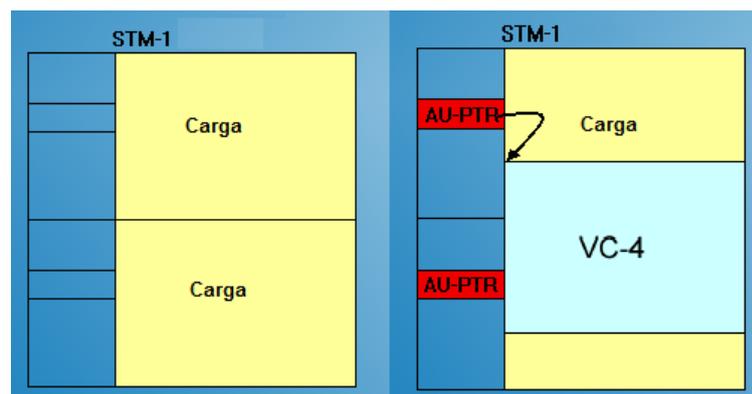


Figura 2.3 Añadiendo un AU-PTR antes del VC4.

El bloque resultante (VC-4+AU-PTR) es llamado Unidad Administrativa 4 (AU-4). La cual tiene la estructura básica de la trama STM-1 (9filas x 270 columnas), eso sin el SOH. Para completar la trama STM-1, el SOH es añadido a la AU-4. Podemos apreciar todo este proceso esta detallado en la Figura 2.4.

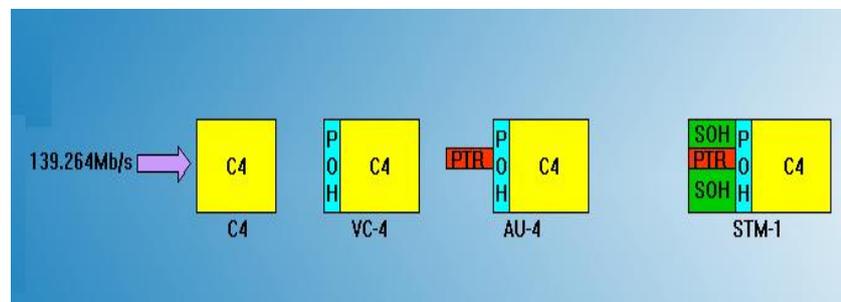


Figura 2.4 Señales de 140Mbps a STM-1.

2.2.2. SEÑALES DE 34 Mbps A STM-1

Primero, la señal PDH de 34Mb/s es adaptada por medio de la adaptación de la tasa de bit dentro del contenedor C-3. El contenedor C-3 tiene 9 filas X 84 columnas (756 bytes). Una columna de cabecera de ruta es añadida en frente de cada contenedor C-3 con el fin de implementar monitoreo en tiempo real de las señales de 34Mb/s y obteniendo así lo que se conoce como contenedor virtual VC-3. A cada VC-3 se le

asigna un puntero de unidad tributaria de tres bytes que le permite a VC-3 desbordarse. El área en la cual al VC-3 le es permitido desbordarse con la ayuda de TU-PTR es llamada Unidad Tributaria TU-3. El TU-PTR contiene una dirección la cual indica el comienzo del VC-3 en el TU-3. Como la estructura de la trama TU-3 está incompleta, seis bytes de datos pseudo-aleatorios son el relleno para llenar el vacío de TU-3. El resultado del bloque es llamado Grupo de Unidad Tributaria TUG-3.

Tres bloques TUG-3 son intercalados byte a byte dentro de un contenedor C4. Desde que el resultado de la estructura sólo tiene 258 columnas (3X86), las dos columnas de bits de relleno son añadidas para completar la estructura C-4. Una vez que llegamos aquí mencionamos que el proceso de multiplexación de un C-4 dentro de una señal STM-1 es similar al proceso de la multiplexación de la señal de 140Mb/s dentro de un STM-1. Todo el resumen de este proceso se detalla en la Figura 2.5.

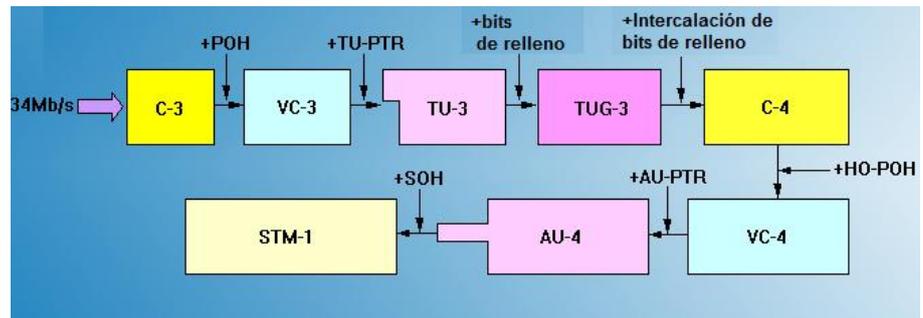


Figura 2.5 Señales de 34Mbps a STM-1.

2.2.3. SEÑALES DE 2Mbps A STM-1

Como la velocidad exacta de la señal PDH tiene que ser alrededor de 2048 Mbps, de ± 50 ppm tomemos en cuenta el mapeado para una señal de 2Mbps dentro de una trama SDH. Se lo inserta dentro de un contenedor (C-12). Después se realiza justificación, la cual consiste en el uso de técnicas de relleno clásicas. Se lo hace compensando las variaciones de frecuencias en las tasas SDH y PDH. De esta manera logramos que las variaciones de ± 50 ppm en la señal PDH no terminen en errores cuando se trate de recuperar la señal. Primero la señal es acoplada por medio de la adaptación de bytes dentro del contenedor C-12. El tamaño del contenedor C-12 es de 34 bytes. Cuatro tramas básicas C-12 forman una multitrama como se observa en la Figura 2.6, y ya que la frecuencia de la trama básica C-12 es 8000 tramas/s,

entonces la frecuencia de la multitrama C-12 es 2000 tramas/s. Las cuatro tramas básicas C-12 de una multitrama están colocadas una después de la otra. Cuando son multiplexadas dentro de la trama STM-1 éstas son ubicadas en cuatro sucesivas tramas STM-1 en lugar de una sola trama. La multitrama es usada para la conveniencia de tasa de adaptación. Si las señales E1 (2Mb/s) tienen el estándar de la tasa de transmisión de 2.046 Mb/s, cada C-12 acomodará carga de 256 bits (32bytes) ($2.048\text{Mb/s} / 8000 = 256\text{bits}$). Sin embargo, cuando la tasa de la señal E1 no es estándar, el número bit promedio acomodado en cada C-12 no es un entero. En este caso, una multitrama de cuatro tramas C-12 es usada para acomodar las señales.

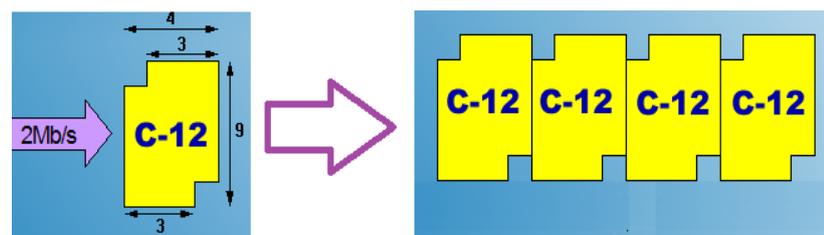


Figura 2.6 Formación de la Multitrama a partir de C-12.

Para implementar el monitoreo de cada señal 2Mb/s, una cabecera de ruta de bajo orden (LO-POH: Lower Order POH) se agrega a la muesca en la esquina superior izquierda de

cada C-12. Esta cabecera extra es transportada con la señal a través de la red, incluso cuando están conectadas transversalmente dentro de una trama diferente SDH. Esto permite mantener y supervisar la señal a través de la red. Además se incluye detección de errores, indicaciones de alarma y una etiqueta de señal. Cada multitrama tiene 4 diferentes bytes LO-POH: V5, J2, N2 y K4. La combinación del contenedor C-12 y un byte LO-POH es llamada Contenedor Virtual VC-12. Este proceso se muestra de manera gráfica en la Figura 2.7.

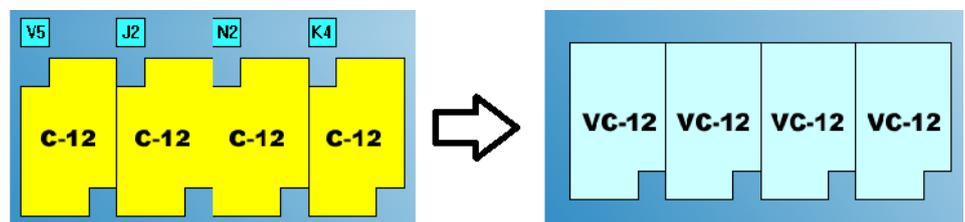


Figura 2.7 LO-POH agregados a la Multitrama.

Para la transformación a TU-12 de cada VC-12 de la multitrama, se asigna a un TU-PTR (Puntero de Unidad Tributaria) de cuatro-bytes el cual permite que este se desborde. Hay cuatro diferentes bytes punteros: V1, V2, V3. Este puntero contiene una dirección indicando el comienzo de la multitrama.

Tres tramas TU-12 vienen de diferentes multitramas que son escaladas por medio de la intercalación de bytes para formar un Grupo de Unidad Tributaria 2 (TUG-2). Ver Figura 2.8.

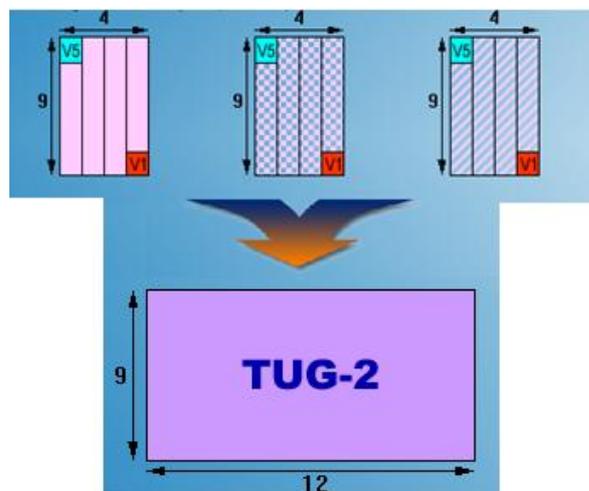


Figura 2.8 Formación de TUG-2.

En el siguiente paso, siete tramas TUG-2 son intercaladas por bytes de la manera anterior y se añaden dos columnas de bits de relleno para formar una estructura TUG-3. Finalmente se añaden dos columnas de rellenos de bytes y se obtiene el STM-1. El resumen de todo proceso explicado para el tratamiento de señales 2Mb/s se muestra en la Figura 2.9.

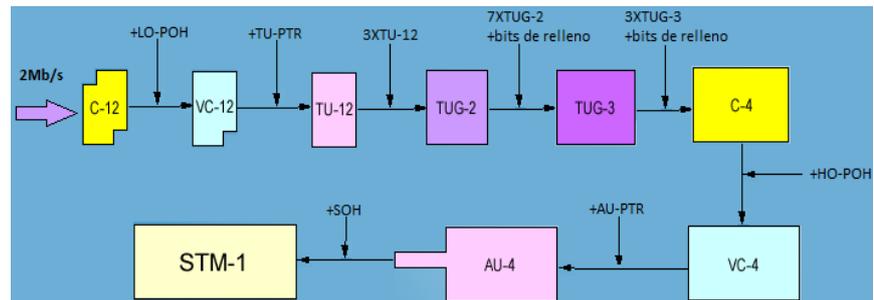


Figura 2.9 Señales 2Mb/s a STM-1.

Un puntero es entonces agregado al contenedor virtual para formar una unidad tributaria. Esto permite al sistema SDH compensar las diferentes fases a través de la red o entre redes. Tres TU son entonces multiplexados dentro de una unidad de grupo tributario (TUG-2). Siete TUG-2 son multiplexados dentro de un TUG-3, Luego tres TUG-3 son multiplexados y se adhiere dos columnas de bits de relleno para dar paso a la formación del contenedor C-4. Como siguiente paso el HO-POH es añadido para la formación del contenedor virtual VC-4, a este contenedor virtual se le agrega el puntero AU-PTR para obtener la creación de la unidad administrativa AU-4. Finalmente se agrega el SOH al AU-4 para la obtención de la trama básica STM-1.

2.3. ELEMENTOS DE LA MULTIPLEXACIÓN

Esta estructura de multiplexación incluye algunos elementos básicos de multiplexación como lo son:

- C – Contenedor
- VC - Contenedor virtual
- TU - Unidad Tributaria
- AU - Unidad Administrativa
- TUG - Grupo de Unidad Tributaria
- AUG - Grupo de Unidad Administrativa

2.3.1. CONTENEDOR

Por contenedor C entiende una capacidad de transmisión definida y síncrona a la red. El tamaño de los contenedores se indica en Bytes, la cual se pone a disposición como capacidad de transmisión en los contenedores cada 125us [9]. Estos intervienen a lo largo de todo el proceso de multiplexación SDH, desde que las señales tributarias ingresan se enfrascan dentro de un contenedor C, el cual es diferente dependiendo de la velocidad a la que corresponda la señal entrante. Ver Tabla 2.2.

Denominación	Señal a Transmitir
C-11	1544 kbps
C-12	2048 kbps
C-2	6312 kbps
C-3	44736 kbps
ó	34368 kbps
C-4	139361 kpbs

Tabla 2.2 Tamaño de los contenedores [9].

El reloj de la carga que ingresa es adaptado al reloj del contenedor por lo que la capacidad de carga del contenedor debe ser un poco mayor que la necesaria, para ello se disponen de bits adicionales y se realiza un proceso conocido como justificación. Cuando el contenedor C ha sido creado ya no es necesario que la red procese el contenido de este hasta que llegue al elemento destino de red debido a que el ajuste de velocidades de los contenedores se lo realiza por medio de la intervención de punteros.

2.3.2. CONTENEDOR VIRTUAL

Para la obtención del Contenedor Virtual VC a cada contenedor C se le agrega un encabezado llamado la Tara de Trayecto POH, el cual lleva información como alarmas, para comprobación de errores, de servicios y demás que tengan relación con fines de operación, administración y

mantenimiento. El VC es llevado dentro de un espacio reservado para un puntero, este puntero indica cuál es el primer byte de la tara de trayecto POH que fue agregado al contenedor virtual para la formación del respectivo VC, el cual viaja por medio de la red de manera inmodificable, es decir, que este contenedor virtual VC es armado y desarmado una sola vez desde que se crea hasta que llega a su nodo destino.

Se hace una distinción entre VC de orden superior (HO Higher Order), y VC de orden inferior (LO Lower Order). Se conocen como LO aquellos que se transmiten en contenedores “más grandes”. Los HO son aquellos que se transmiten directamente en la trama STM-1 [9]. Es importante entender que los contenedores virtuales de bajo nivel son producto del mapeado de los contenedores de alto nivel y que los contenedores virtuales de alto nivel son producto del mapeado de los contenedores de bajo nivel.

2.3.3. UNIDADES TRIBUTARIAS

Luego del proceso anterior al Contenedor Virtual VC de bajo nivel se le agrega un puntero PTR para obtener lo que

conocemos como Unidad de Tributaria TU. La Unidad Tributaria es la parte del contenedor de orden superior dentro del cual puede deslizarse el LO-VC incorporado más el puntero correspondiente (PTR-TU). Se pueden distinguir las siguientes TU: TU-11, TU-12, TU-2, y TU-3 [9].

2.3.4. UNIDADES ADMINISTRATIVAS

Los contenedores virtuales de alto nivel son mapeados a partir de una trama STM-N de señales SDH, por consiguiente no tienen la necesidad de tener un área de punteros debido a que no existe unidades tributarias que buscar, en estos casos se llaman Unidades Administrativas AU.

Se debe hacer una distinción entre las AU-4 y AU-3. En la trama STM-1 pueden transmitirse, 1 x AU-4, o bien 3 x AU-3. Vale la pena aclarar que la transmisión del VC-3 puede efectuarse directamente (AU-3), en la STM-1 o indirectamente, en un AU4, por lo cual se depositan 3 VC-3 dentro de un VC-4.

2.3.5. GRUPO DE UNIDAD TRIBUTARIA

Las Unidades de Tributarias TU son multiplexadas por medio de la intercalación de bytes para obtener los grupos de unidades tributarias. Se pueden tener, TUG-2 y TUG-3 según el proceso de multiplexación a realizar.

2.3.6. GRUPO DE UNIDAD ADMINISTRATIVA

Las Unidades de Administrativas AU son multiplexadas para la obtención los grupos de unidades administrativas AUG. Un grupo AUG puede conformarse de 1 x AU-4 ó de 3 x AU-3.

2.4. PROCESO DE MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADO POR LAS TARJETAS DEL EQUIPO OSN OPTIX 1500B

En esta sección se analiza las tarjetas a utilizarse durante la elaboración de las prácticas detalladas en este proyecto, las tarjetas pertenecen al equipo OptiX OSN 1500 y se las explicará desde el punto de vista de la multiplexación SDH, es decir el proceso al que son sometidas las señales tanto eléctricas como ópticas al ingresar a estas tarjetas dependiendo de la creación del servicio que manejen. Se mencionaran algunos detalles técnicos de las tarjetas

pero la especificaciones completas las puede encontrar en el manual para el manejo del equipo Optix [10].

2.4.1.MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA N1SLD4

La tarjeta SLD4 tiene una capacidad de procesamiento de 2 x STM-4. Para la recepción en la tarjeta, se convierte la señal óptica STM-4 en señal eléctrica STM-4 mientras se extrae la señal de reloj simultáneamente, luego se envían la señal de reloj y la señal eléctrica STM-4, y se revisa la alarma R_LOS. Se desmultiplexa la señal eléctrica STM-4 recibida convirtiéndola en señal paralela, luego se revisa las alarmas R_LOF y R_OOF. Además se extrae el byte de cabecera de la señal STM-4 recibida y se lo multiplexa en 4 canales de señal VC-4.

En la transmisión en la tarjeta, los 4 canales de señal VC-4 son multiplexados en señales STM-4 y además se le inserta el byte de cabecera. Se realiza la conversión paralelo/serial para la señal eléctrica STM-4 recibida y se convierte la señal eléctrica STM-4 recibida en la señal óptica STM-4.

En la Figura 2.10 se muestra la sección de la Estructura de Multiplexación SDH definida por la ITU-T con la que se desempeña esta tarjeta para la señal STM-4.

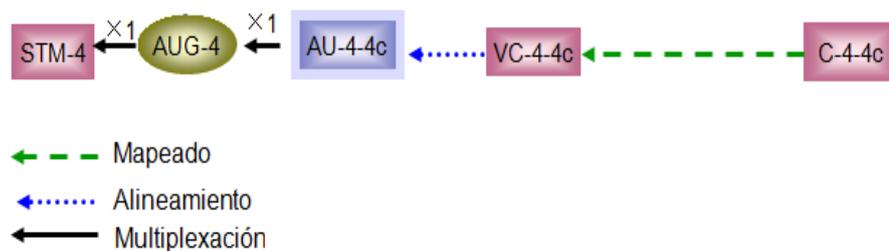


Figura 2.10 Sección de la Estructura de Multiplicación SDH para la tarjeta N1SLD4.

2.4.2. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA R1SL1

La R1SL1 es una tarjeta con interfaz óptica 1 x STM-1. En la recepción se convierte la señal óptica STM-1 en señal eléctrica STM-1 mientras se extrae la señal de reloj simultáneamente, se envían la señal de reloj y la señal eléctrica STM-1, y luego se revisa la alarma R_LOS. El Se desmodula la señal eléctrica STM-1 recibida convirtiéndola en señal paralela y se la envía para que revisen las alarmas R_LOF y R_OOF. Se extrae el byte de cabecera de la señal STM-1 recibida y se la multiplexa en un canal de señal VC-4.

En la transmisión de esta tarjeta el canal de señal VC-4 es multiplexado en la señal STM-1 y enviado para que se le inserte el byte de cabecera. Se realiza la conversión paralelo/serial para la señal eléctrica STM-1 recibida y se convierte la señal eléctrica STM-1 recibida en la señal óptica STM-1. En la Figura 2.11 se puede observar la Multiplexación para la señal óptica STM-1 en la tarjeta R1SL1.

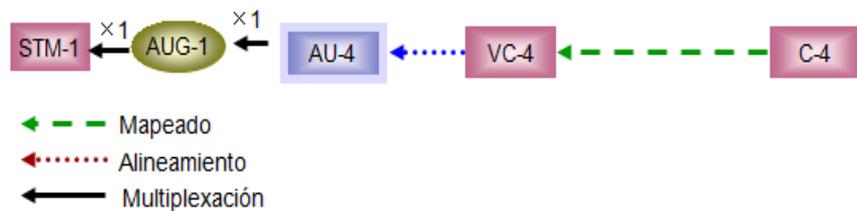


Figura 2.11 Sección de la Estructura de Multiplexación SDH para la tarjeta R1SL1.

2.4.3. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA N1PQ1B

PQ1 es una tarjeta de procesamiento de 63xE1. En la recepción de esta tarjeta, se recupera la señal de reloj. Luego la señal E1 es mapeada asincrónicamente a C-12, se transforma en VC-12 después del procesamiento de la cabecera del canal. Se convierte en TU-12 después del

procesamiento del puntero, y finalmente se transforma a VC-4 a través de la multiplexación.

En la transmisión para esta tarjeta, se extrae los datos binarios y la señal de reloj de la señal VC-4 enviada de la unidad de cross-conexión. Luego la señal E1 es transmitida. En la Figura 2.12 se muestra la multiplexación para señal eléctrica E1 en la tarjeta PQ1.

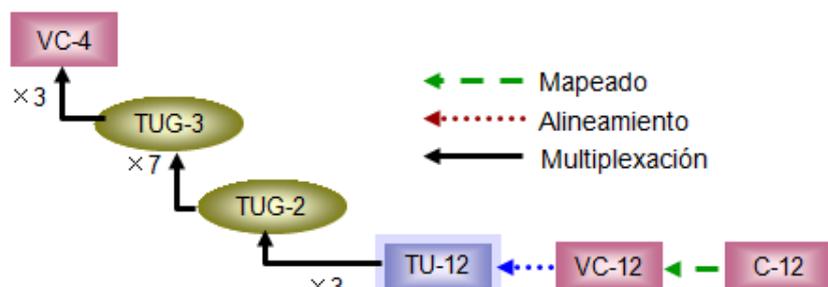


Figura 2.12 Sección de la Estructura de Multiplexación SDH para la tarjeta N1PQ1B.

2.4.4. MULTIPLEXACIÓN REALIZADA POR LA TARJETA N1PL3A

PL3 es una tarjeta que procesa señales eléctricas E3/DS3. En la recepción la señal E3 ingresa y se recupera la señal de reloj. Luego la señal E3 es mapeada asincrónicamente a C-3, luego del procesamiento de la cabecera del canal se convierte

en VC-3, luego se transforma en TU-3 después del procesamiento del puntero y finalmente se convierte en VC-4 luego de la multiplexación.

En la transmisión se extrae la señal de reloj y la señal binaria de datos de la señal VC-4 enviada, luego se envían a un codificador, donde la señal E3 es transmitida. En la Figura 2.13 siguiente se muestra la Multiplexación para señal eléctrica E3/DS3 en la tarjeta PL3.

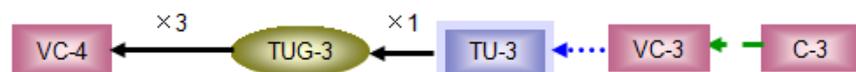


Figura 2.13 Sección de la Estructura de Multiplexación SDH en la tarjeta N1PL3A.

2.4.5. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA R1EFT4.

La tarjeta EFT4 es una tarjeta de procesamiento de 4 puertos Fast Ethernet. En la recepción ingresa al módulo las señales 1000BASE-SX/LX/ZX desde el equipo externo como un conmutador LAN o un enrutador. Se produce la conversión serie/paralelo de la señal y luego se las envía para que se realice la delimitación de trama, eliminación de CRC y

estadísticas de rendimiento Ethernet. También se realiza la clasificación de las señales basadas en el modo de servicio y los requerimientos de configuración. Luego se añade el túnel y las etiquetas VC a las señales de acuerdo a la configuración del servicio. Se realiza la encapsulación HDLC, LAPS o GFP-F de la trama Ethernet. Luego de aquello, los servicios son mapeados en VC-3 o VC-4 para ser enviados después a la unidad de cross-conexión.

En la transmisión se des-mapea las señales VC-3 o VC-4 que vienen de la unidad de cross-conexión y son enviadas para ser des-encapsuladas. Luego se determina la ruta de acuerdo al nivel del equipo. La clasificación del flujo de rendimiento se realiza de acuerdo al tipo de servicio y configuración del requerimiento. Se realiza la delimitación de trama, se añade el código de cabecera de campo, cálculo de CRC y estadísticas de rendimiento. Finalmente se realiza la conversión paralelo/serial para luego codificar las señales y enviarlas fuera de la interfaz Ethernet.

Es importante mencionar que las interfaces Ethernet de la interconexión de los equipos deben funcionar bajo el mismo

modo de configuración de trabajo. De otra manera, los paquetes se pueden perder o puede decrecer la tasa de bit, también el servicio puede ser completamente interrumpido.

2.4.6. MULTIPLEXACIÓN SDH REALIZADA POR LA TARJETA N1EGT2

EGT2 es una tarjeta de transmisión transparente de 2 puertos Gigabit Ethernet. Para la recepción de esta tarjeta, para las señales 1000BASE-SX/LX provenientes de los equipos externos, como por ejemplo conmutadores LAN, enrutadores, etc., se realiza la delimitación de la trama, la eliminación de CRC (códigos de redundancia cíclica) y las estadísticas de rendimiento Ethernet. Además se realiza la clasificación de flujo de señales basado en el modo de servicio. Se soporta paquetes MPLS, paquetes VPN MPLS de capa 2 y paquetes Ethernet / VLAN. Se añade túneles y etiquetas VC a las señales de acuerdo a la configuración del servicio para garantizar el mapeo y reenvío del servicio. Se realiza la encapsulación de la trama Ethernet para luego ser mapeada dentro de VC-12 o VC-3.

Para la transmisión, se des-mapea el VC-3 o el VC-12 y los envía para la des-encapsulación. Se determina la ruta de acuerdo al nivel del equipo. Además realiza cálculos de CRC y estadísticas de rendimiento. Por último se realiza la conversión paralelo/serial para luego codificar las señales y enviarlas fuera de la interfaz Ethernet.

La Figura 2.14 siguiente muestra la sección de la Estructura de la Multiplexación SDH definida por la ITU-T para la trama Ethernet en base a la encapsulación de la señal 1000BASE-SX/LX en la tarjeta EGT2.

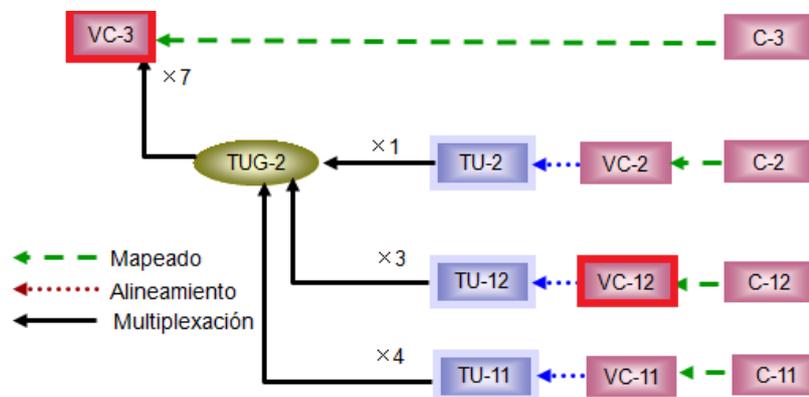


Figura 2.14 Sección de la Estructura de Multiplexación SDH para la tarjeta EGT2

CAPÍTULO 3

3. MECANISMOS DE PROTECCIÓN DE REDES SDH

En este capítulo denominado Mecanismos de Protección de Redes SDH se procederá a explicar el concepto de los diferentes mecanismos de protección que pueden ser implementados en las redes SDH. Se explica cómo el modo de protección empleado es diferente dependiendo de la topología que esté configurada y las causas por las cuales estos mecanismos de protección son activados.

Se expone las condiciones para que la red sea considerada segura y pueda responder ante un fallo con la restauración de los servicios de red analizando los requerimientos para que esto ocurra de manera efectiva. Estas condiciones son: Diseño con suficiente recursos; Rutas redundantes como rutas de espera; Robustez en el equipo (Una fuerte

capacidad de cross-conexión); Nodos inteligentes; No intervención humana; Seguridad física y lógica.

Finalmente se explica mediante comparaciones, los beneficios y desventajas para los tipos de protección expuestos en el capítulo.

3.1. PROTECCIÓN LINEAL

Protección de Sección Múltiple Lineal

El mecanismo de protección MSP Lineal es mencionado en la recomendación G.783 de la ITU-T [11]. La conmutación que da la protección es para la sección de tráfico de nodos interconectados de manera adyacente. Puede funcionar de manera unidireccional o bidireccional, transporta el tráfico adicional en el canal de protección en funcionamiento y no protege contra fallos de nodo. El tiempo de conmutación que ofrece es menor o igual a 50ms según el G.783 ya mencionado.

La protección lineal de sección múltiple MS es una de las variaciones de protecciones de sección múltiple. La conmutación puede ser dedicada o un mecanismo de protección compartida. Esta protege la capa de sección múltiple y aplica para redes físicas punto

a punto, aunque una de las protecciones de sección múltiple puede ser usada para proteger el tráfico normal de un número N de secciones múltiples. Es importante mencionar que la protección lineal MS no protege el equipo SDH del nodo, sólo el camino entre los nodos que transporta el tráfico de datos. Funciona de manera unidireccional o bidireccional, pudiendo llevar tráfico extra sobre la sección múltiple de protección en la forma bidireccional.

La red cuenta con dos canales (dos pares de fibras): canal de tráfico (canal activo) y canal de protección (canal en espera). Un canal de servicio está protegido mediante otro canal, llamado canal de protección. Ver Figura 3.1. Si se produce un error, por ejemplo una pérdida de señal, el mecanismo de protección debe cambiar al canal de protección. La limitación que presenta es que necesita de variadas rutas físicas para el canal activo y de protección, si ambos canales están en la misma ruta ante un evento de fallo en la ruta física se perdería tanto el canal activo como el de protección. Existen dos arquitecturas diferentes para este tipo de protección: 1+1 y 1:N (N1).

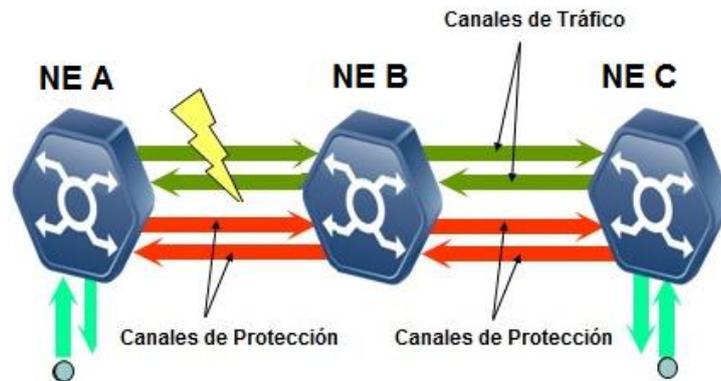


Figura 3.1 Canales de trabajo y canales de protección [3]

3.1.1. PROTECCIÓN 1+1

En la protección MSP 1+1 Lineal o punto a punto, el tráfico se transmite simultáneamente a lo largo de los dos canales, tanto en el canal de tráfico como en el canal de protección. Ver Figura 3.2. El canal de protección dedicado porta el tráfico en una dirección y el canal de tráfico porta la señal a través de otra ruta diferente. En el otro extremo, el elemento de red que recibe las señales compara la calidad de los dos caminos y el canal que proporciona la señal con las mejores condiciones es el que se elige. Ésta será nombrada como la ruta activa. Ante un evento de fallo en la ruta activa el extremo receptor conmutará al otro camino, a la ruta o canal de protección.

Las Características de esta protección son:

- Modos de Conmutación: De un solo extremo (unidireccional) o de doble extremo (bidireccional).
- Modos de Restauración: Revertido (WTR por defecto: 600 segundos) o No revertido.
- Capacidad de protección: MS 1+1 Lineal: 1 x STM-N.

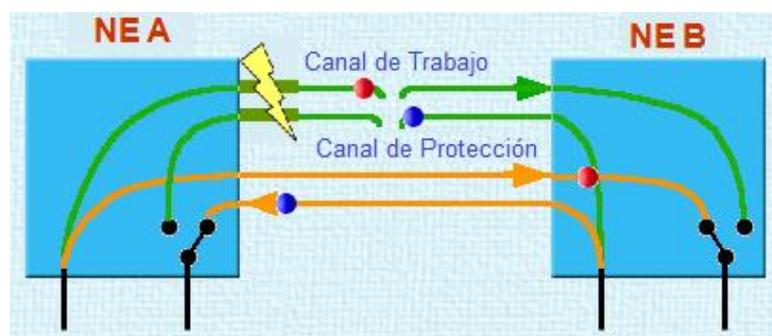


Figura 3.2 Representación Protección MS 1+1 Lineal.

3.1.2. PROTECCIÓN 1:N

En el segundo caso (1:N), hay N canales de tráfico y 1 canal de protección. Cuando la red no tiene fallas, N canales de trabajo pueden transmitir el tráfico normal mientras que el canal de protección transmite tráfico extra o simplemente no transmite tráfico. Aunque regularmente no hay tráfico transmitiéndose por el canal de protección, puede haber en ciertas ocasiones parte del tráfico de baja prioridad como una manera de hacer uso de la capacidad adicional del canal de

protección. Ver Figura 3.3. Cuando ocurre un fallo en cualquiera de los N canales, se activa la protección y el tráfico del canal de fallo se transmite por el canal de protección. Si se encuentra transmitiéndose tráfico de baja prioridad por el canal de protección ante un evento de falla de los N canales este se interrumpe.

Para explicarlo de manera más detallada, suponga que en la Figura 3.3 la fibra del Canal de Tráfico1 desde NE A a NE B se corta. NE B detecta la alarma R_LOS y envía la señal de Requerimiento a NE A para conmutar los servicios que se están transmitiendo sobre el Canal de Tráfico1 al Canal de Protección. Una vez recibido el requerimiento, NE A conmuta la transmisión para el envío del servicio por el canal de protección. Una vez que NE B recibe la información de NE A, NE B conmuta la recepción para seleccionar el servicio desde el canal de protección. Finalmente para lograr la completa conmutación del servicio, NE A conmuta la recepción para seleccionar el servicio desde el canal de protección durante el proceso inverso. Cuando el Canal de Tráfico1 es reparado, la alarma R_LOS desaparece y luego de un tiempo especial, WTR (wait to restore) que viene por defecto de 10 minutos, se

reverte la conmutación para seleccionar el servicio nuevamente del Canal de Tráfico1 y NE B envía la señal de “No Requerimiento”.

NE A libera el puenteo en la transmisión y recepción realizado anteriormente para la conmutación y responde con la misma indicación de No Requerimiento, con esto se logra que NE B libere también su puenteo completando la acción de revertir la protección puesta en marcha.

Este método de protección es conocido como especialmente económico ya que el servicio de N canales comparten un canal de protección individual.

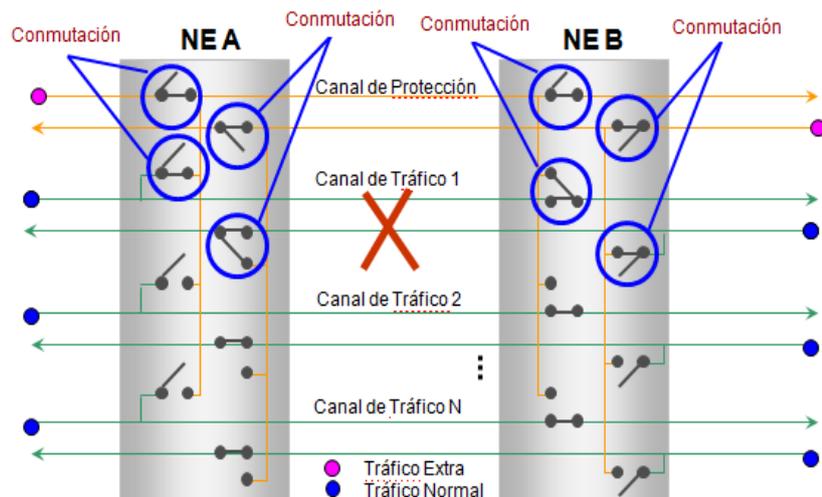


Figura 3.3 Representación de la Protección Lineal MS M:N [3].

Entre las características de esta protección tenemos:

- Conmutación bidireccional.
- Modo reversible de restauración.
- Criterios para la conmutación hacia la protección:
 - Falla de la señal (SF): R_LOS, R_LOF, MS_AIS, B2_EXC.
 - Señal Degradada: (SD): B2_SD.
- Ejecutar comandos externos para la conmutación.
- Capacidad de protección: sin tráfico extra N x STM-N con tráfico extra (1+N) x STM-N.

3.2. PROTECCIÓN ANILLO

Las Protecciones de Anillos actualmente son la tendencia en uso debido a que ofrecen varios canales de protección e incrementan el rendimiento de la fibra. Garantizan la existencia de una ruta física diferente entre cada pareja de nodos dentro del anillo, ruta que puede ser usada como de protección. En este mecanismo de protección actúan todos los equipos, los cuales comparten la carga de los canales de protección. Ante un evento de falla los nodos adyacentes son los primeros en ser notificados a través de la

comunicación por el otro canal logrando de esta manera ponerse de acuerdo para realizar la conmutación.

El tráfico unidireccional y el tráfico bidireccional dentro de un anillo son nombrados con respecto a la dirección del flujo de tráfico en el anillo. Un anillo unidireccional significa que el tráfico viaja en una sola dirección, por ejemplo a favor de las manecillas de reloj. Mientras que en un anillo bidireccional, el tráfico de la señal va en dos direcciones, una opuesta a la otra.

Para el Anillo de Protección de Ruta (PP), la protección del tráfico es basada en rutas. Se determina por medio de la calidad de la señal de cada ruta del anillo. Y, para el Anillo de Protección de Sección Múltiple, la protección del tráfico se basa en la sección múltiple. Se determina a través de la calidad de la señal de la sección múltiple entre cada tramo de nodos.

3.2.1. ANILLO DE PROTECCIÓN DE RUTA O ANILLO PP

3.2.1.1. ANILLO PP UNIDIRECCIONAL (ANILLO DE PROTECCIÓN DE CAMINO DIVERSAMENTE ENRUTADO)

El anillo PP consiste en dos anillos de fibra única unidireccionales, cada uno transmite en direcciones opuestas. El tráfico se transmite por las dos fibras pero viajan en la dirección opuesta. Por lo tanto, la ruta de protección pertenece al respaldo activo 1+1. El anillo PP unidireccional de 2 fibras usa el modo de protección 1+1. Esta se compone de dos fibras ópticas: una fibra de trabajo (fibra S) y una fibra de protección (fibra P). Ver Figura 3.4.

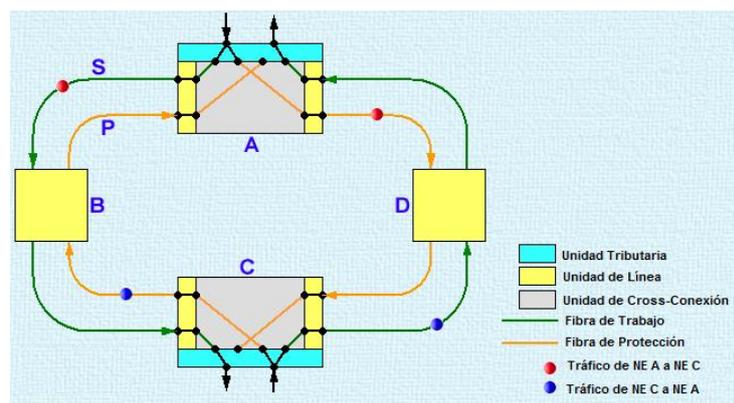


Figura 3.4 Anillo PP Unidireccional.

El mecanismo de protección del anillo PP es "el envío concurrente de señal del nodo origen y la recepción selectiva de señal en el nodo destino". Cuando las fibras entre los NE B y NE A se rompen, el nodo de origen seguirá enviando el tráfico, pero el nodo destino no podrá recibir el

servicio del canal de trabajo, así que pasará a recibirlo de los canales de protección.

En el caso del corte de la fibra entre NE B y NE C, la señal de NE A a NE C sobre la fibra se pierde. La Unidad de Línea (LU) de NE C genera la alarma R-LOS. La alarma de R-LOS en la Unidad de Línea LU genera la alarma TU-AIS en la Unidad Tributaria TU. Cuando la alarma TU-AIS es detectada sobre el canal de trabajo, la Unidad Tributaria conmuta para seleccionar la señal entrante del canal de protección. Esta conmutación elimina la alarma TU-AIS y genera la alarma PS en la TU. Esto se puede apreciar claramente en la Figura 3.5.

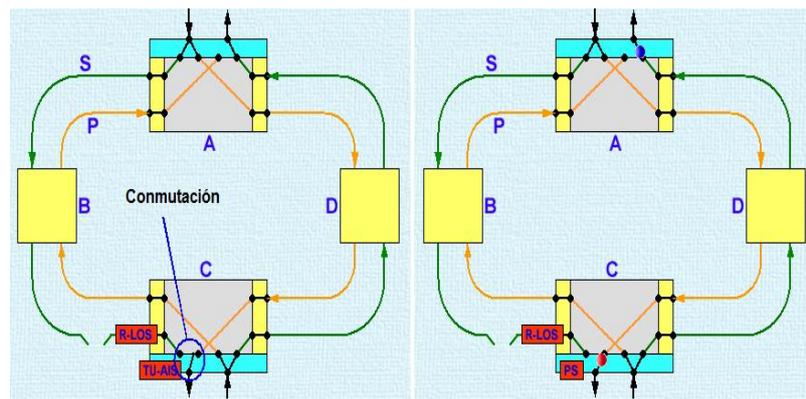


Figura 3.5 Alarmas y Conmutación en Anillo PP Unidireccional

Después que la conmutación hacia la protección ocurre, la tarjeta tributaria monitorea la calidad de la señal sobre la fibra de trabajo. Si la señal se normaliza por un tiempo específico (10 minutos para los equipos Huawei), la conmutación se revertirá para recibir el tráfico de la fibra de trabajo y la alarma PS desaparecerá.

Entre las características de esta protección tenemos:

- Condiciones para el disparo de conmutación de protección: Alarmas TU_AIS, TU_LOP, BIP_EXC.
- Todas las rutas conmutan independientemente.
- El modo de restauración es revertido.
- El anillo PP puede proteger el servicio para cada señal E1.
- El tiempo WTR se puede establecer entre 5-10 minutos.
- Tiempo de conmutación muy corto (normalmente menos de 15ms).
- El flujo del servicio es claro y simple.
- Fácil operación, administración y mantenimiento.
- La capacidad de la red es limitada (STM-N).

3.2.1.2. ANILLO PP BIDIRECCIONAL (ANILLO DE PROTECCIÓN DE CAMINO UNIFORMEMENTE ENRUTADO)

En este caso cada segmento del anillo es bidireccional (tráfico en ambos sentidos). Se dispone de una protección adicional que consiste en duplicar la información por vías paralelas. Es un tipo de protección de camino dedicado aplicado a un anillo. Al entrar el tráfico al anillo por un nodo A, es enviado simultáneamente por ambas direcciones en torno al anillo.

En el anillo PP bidireccional de 2 fibras, el tráfico fluye en ambas direcciones a través del mismo segmento de red, por ejemplo el tráfico de A a C y C a A, ambos van a través de NE B.

Los servicios sobre el canal de trabajo y la transmisión para una dirección en el canal de protección deben ser configurados manualmente para cada NE. Los otros se configuran automáticamente. El principio de conmutación de la protección del Anillo PP Bidireccional de 2 fibras es básicamente como el del Anillo PP Unidireccional.

3.2.2. ANILLO DE PROTECCIÓN DE SECCIÓN MÚLTIPLE O ANILLOS MSP

Se aplica para una sección de tráfico ubicada entre dos nodos adyacentes. Entre estos dos nodos debe haber dos rutas separadas, la operativa y la de protección. Ante un evento de fallo del enlace, la señal entrante debe ser conmutada de la ruta activa a la de protección. MSP protege tráfico entre dos elementos de red adyacentes, pero únicamente el enlace entre esos dos nodos, no aportando protección ante un fallo total de un elemento de red. Otra limitación es que requiere de diversos caminos físicos para la fibra activa y de protección. Si ambas fibras se encuentran en la misma conducción y ésta es dañada, los dos caminos, el operativo y el de protección, se perderían.

3.2.2.1. ANILLO MSP UNIDIRECCIONAL DE PROTECCIÓN DEDICADA

La Protección Anillo Dedicada MS Unidireccional de 2 fibras se compone de dos fibras. Los canales de trabajo y los canales de protección son llevados a través de fibras

ópticas diferentes. En la Figura 3.6, la fibra P1 se puede utilizar para transportar el tráfico extra cuando no se utiliza para la protección. La Protección Anillo Dedicada MS Unidireccional de 2 fibras es rara vez usada en aplicaciones actuales ya que no tiene ventajas con respecto a otras protecciones como la Protección Compartida MS Bidireccional de 2 fibras.

3.2.2.2. ANILLO MSP BIDIRECCIONAL DE PROTECCIÓN COMPARTIDA.

El tráfico es enviado solo por una ruta en torno al anillo. No existe un camino de protección dedicado por cada ruta en producción, en cambio está reservada capacidad del anillo para protecciones y esta puede ser compartida para la protección de diversos circuitos en producción. Ante un evento de fallo, todo el tráfico de la sección es conmutado.

Cuando un nodo determina que una conmutación es necesaria, se parte de la apropiada solicitud de puenteo en los K-bytes en ambas direcciones, es decir, la ruta corta y la ruta larga.

Necesita de sólo dos fibras para cada servicio abarcado. Una mitad de la fibra es definida como el canal de trabajo (S) y la otra mitad es definida como el canal de protección (P). El tráfico normal se transporta en los canales de trabajo en una fibra, por otro lado son protegidos por los canales de protección en otra fibra viajando en el sentido contrario alrededor del anillo. Esto permite el transporte bidireccional del tráfico normal.

La fibra óptica en una dirección es dividida en el canal de trabajo S1 y el canal de protección P2 mientras la otra fibra en la dirección opuesta es dividida en canal de trabajo S2 y canal de protección P1. El tráfico sobre el canal de de trabajo S1 en una fibra óptica es protegida por el canal de protección P1 en la otra fibra óptica, la cual está en la dirección inversa. Similarmente, el tráfico sobre S2 es protegida por P2.

La dirección del anillo sobre el cual el tráfico entra en el NE desde el oeste de la Unidad de Línea LU es llamada la dirección activa y la opuesta es la llamada dirección en espera tal como se puede observar en la Figura 3.6.

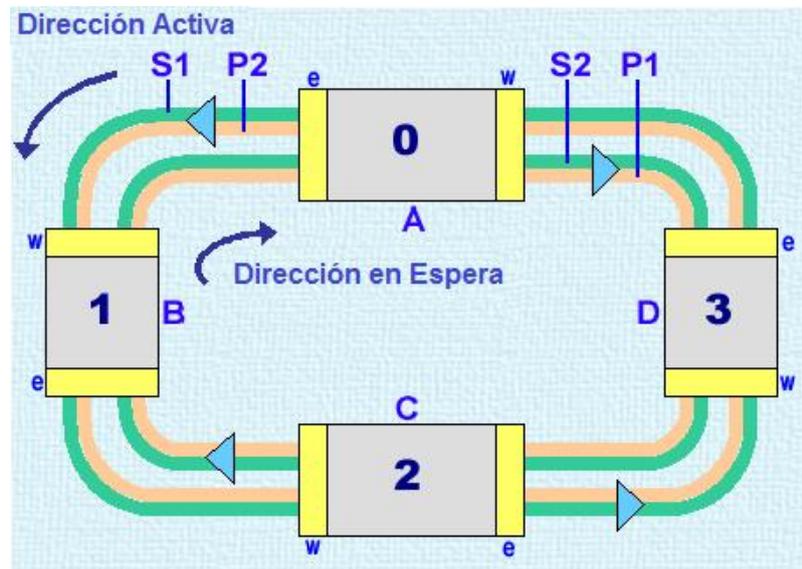


Figura 3.6 Dirección del tráfico en Anillo MSP Unidireccional

A cada nodo se le asigna un ID que es un número del 0 al 15, en su orden físico sobre la dirección activa, permitiendo un máximo de 16 nodos sobre un anillo (no incluye los regeneradores en medio de los nodos).

Los bytes K1 y K2 son asignados para el señalamiento APS para la Protección de Sección Múltiple. Ver Figura 3.7.

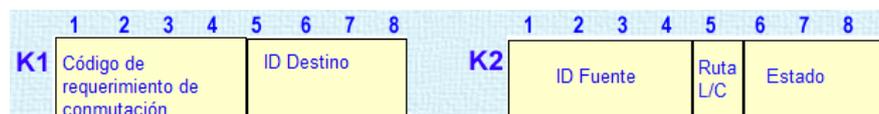


Figura 3.7 Bytes K1 y K2.

Como ejemplo podemos analizar la vista detallada de una fibra en el anillo MSP bidireccional STM-16, mostrada en la Figura 3.8. Este tiene 16 AU-4s, donde del #1 al #8 AU-4s (primera mitad) son asignados como canal de trabajo y del #9 al #16 AU-4s (segunda mitad) son asignadas como canal de protección. Además esta fibra sólo tiene un canal overhead.

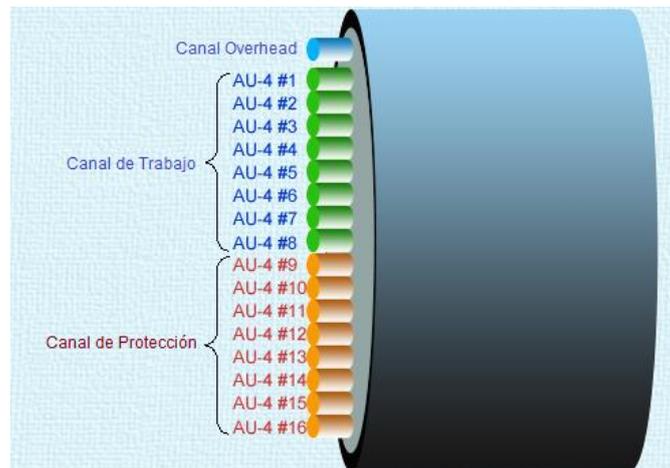


Figura 3.8 Vista de una fibra en el anillo MSP bidireccional STM-16 [3].

Cuando la red es normal, el tráfico en ambas direcciones, es decir NE A a NE C y viceversa, es transmitido a través del NE B usando los canales de trabajo S1 y S2 respectivamente. Ver Figura 3.9.

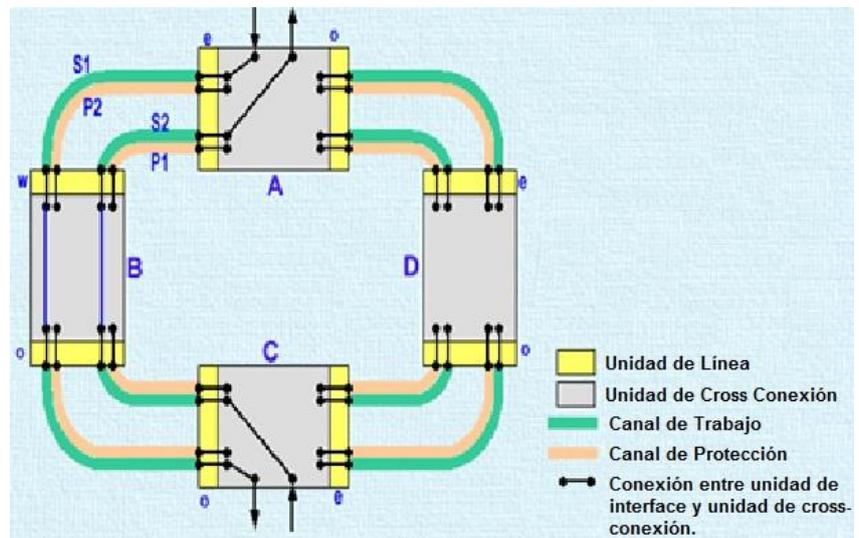


Figura 3.9 Anillo MSP Unidireccional en condiciones normales.

En el caso del corte de una fibra entre A y B en la dirección activa, la señal que alimenta a B se pierde. La Unidad de Línea hacia el oeste de B genera la alarma de R-LOS. B envía el Requerimiento de puenteo por Falla de Señal (SF) hacia A tanto por la ruta corta como por la ruta larga simultáneamente usando los bytes K1K2, tal como se muestra en la Figura 3.10 (a).

Hacia el este de la Unidad de Línea LU para A, se recibe primero la solicitud de ruta corta de B. Luego A verifica el ID del nodo de destino de esta solicitud y la reconoce como una solicitud para sí, a continuación envía una nueva solicitud de puenteo destinada para B tanto en las rutas

largas y cortas. Esto se puede apreciar en la Figura 3.10 (b).

Cada nodo intermedio verifica el ID del nodo destino de la solicitud de puenteo de ruta larga y retransmite la solicitud de puenteo estableciendo el paso del byte K. El estado del controlador APS del nodo es cambiado al estado de paso P . Una vez recibida la solicitud de puenteo de ruta larga, el nodo A envía el tráfico proveniente de la ruta con fallas al canal de protección P1 en la dirección opuesta. Además, el nodo también realiza la conmutación al canal de protección P2. Ver Figura 3.10 (c).

Después de realizada la conmutación, el estado del controlador APS del nodo A cambia al estado de conmutación representado con la letra S para esta explicación. Una vez recibida la solicitud de conmutación hacia la ruta larga de A, el nodo B también realiza el puenteo y conmuta las operaciones de la misma manera. Ver Figura 3.10 (d). El estado del controlador APS del nodo B cambia a Conmutado (S).

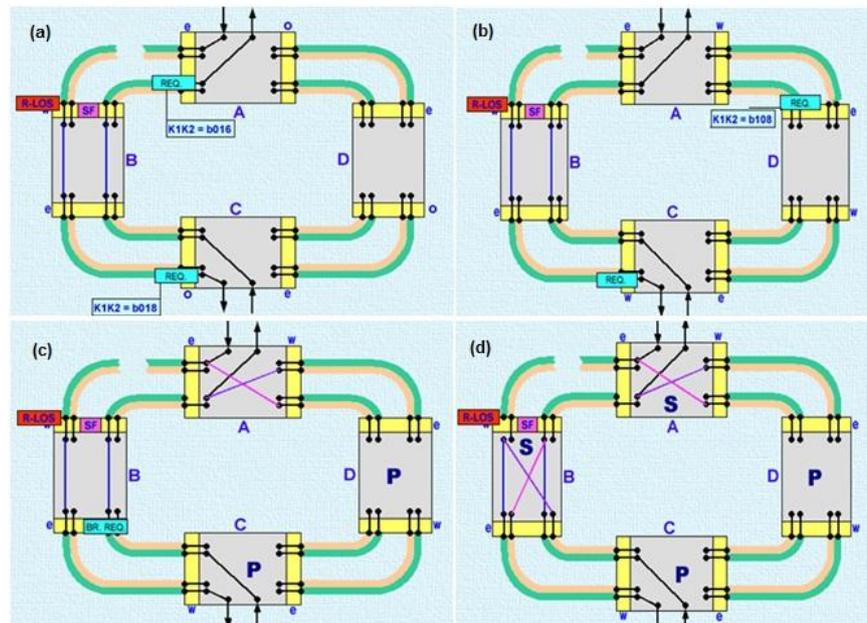


Figura 3.10 Anillo MSP unidireccional en condiciones de falla.

El nodo A y el nodo B envían la confirmación de “Puenteo y Conmutación” (P&C) hacia cada otro nodo tanto sobre la ruta larga y corta. Ver Figura 3.11(a).

Una vez recibida esta confirmación cada nodo intermedio sobre la ruta larga crea la transmisión del tráfico sobre el canal de protección. Este paso completa la conmutación de protección del tráfico. Ver Figura 3.11 (b)

Cuando la fibra rota es reparada, la alarma de R-LOS y SF sobre el lado oeste de la Unidad de Línea LU del nodo B es limpiada. El nodo B envía la solicitud WTR, hacia el nodo A

tanto por la ruta corta y la ruta larga. Figura 10 (c). Una vez recibida la solicitud WTR para la ruta corta desde el nodo B, el nodo A comienza un contador T, cambiando su estado de S a WTR, y envía una nueva solicitud de WTR hacia A sobre ambas rutas. Ver Figura 3.11 (d).

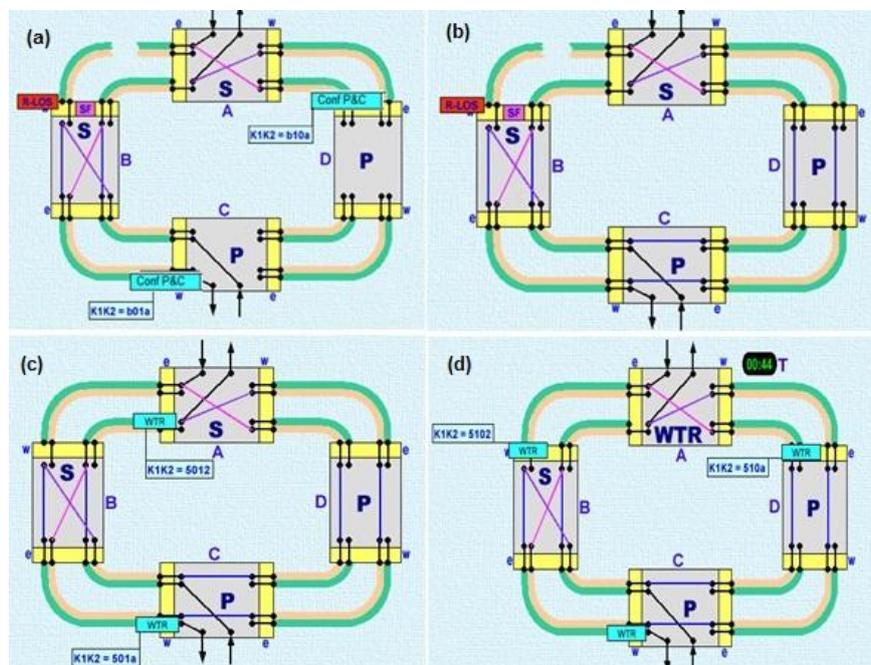


Figura 3.11 Retorno del Anillo MSP Unidireccional a condiciones normales 1.

Una vez recibida la nueva solicitud WTR de la ruta corta del nodo A, el nodo B empieza un contador T y cambia su estado de S a WTR. Figura 3.12 (a). El tiempo WTR es usado para evitar la conmutación frecuente causada por la inestabilidad de la línea. Generalmente es configurada con

el valor de 5 a 12 minutos. El contador del nodo A primero alcanza su valor predefinido. El nodo A baja su puenteo y conmuta para recibir desde los canales de trabajo, envía código de No Requerimiento (NR) en los bytes k1k2 dirigidos hacia B tanto sobre la ruta corta como en la ruta larga, entonces se cambia del estado WTR al estado libre representado con la letra I del inglés Idle. Figura 3.12 (b).

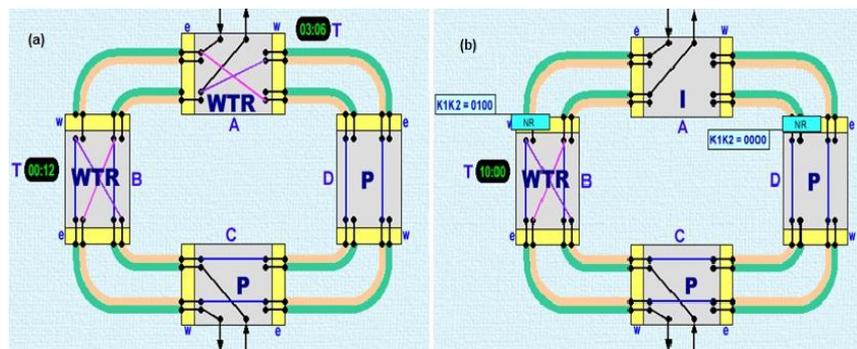


Figura 3.12 Retorno del Anillo MSP Unidireccional a condiciones normales 2.

Una vez recibido el código NR de la ruta corta desde el nodo A, el nodo B detiene el contador, deshace el puenteo, cambia la recepción al canal de trabajo, envía el código NR destinado hacia B sobre ambas rutas y luego cambia de estado. Una vez recibido el código NR, los nodos intermedios sobre la ruta larga retiran su tráfico y la transmisión del byte k y cambian su estado de P a I.

Los requerimientos APS además son inicialmente basados sobre la Sección. Todo el trabajo y protecciones de canales son monitoreados independientemente del fallo o la degradación de las condiciones (es decir, después que una conmutación se ha completado, todo el adecuado monitoreo del rendimiento es mantenido).

Las Características de este tipo de protección son:

- Alta capacidad de la red ($M/2 \times STM-N$, M es el número de nodos en el anillo).
- Tiempo de conmutación más largo que el de los anillos PP.
- Número máximos de nodos sobre el anillo es limitado a 16.
- Su tráfico tiene rutas uniforme y son enviadas bidireccionalmente, los puertos lógicos de tiempo en el anillo pueden ser compartidos por todos los nodos, así que el total de la capacidad está estrechamente relacionado al modo de la distribución del tráfico y la cantidad de nodos en el anillo.
- Complicada.

3.3. PROTECCIÓN DE LA CONEXIÓN DE SUBRED O PROTECCIÓN SNCP

Es principalmente usada para servicios de protección a través de las subredes. Similar a PP, este usa el modo de protección 1+1. La protección es realizada implementando la función “envío concurrente y recepción selectiva”. La señal es simultáneamente alimentada en ambas fibras, la de trabajo y la de protección. El nodo de recepción selecciona la señal de la fibra de trabajo. La diferencia entre PP y SNCP es que en la Protección de Servicio PP es realizada en la Unidad Tributaria y en SNCP es hecha en la Unidad de Cross-Conexión. En el caso de una transmisión fallida sobre el canal de trabajo del nodo A al nodo B, el nodo B conmutará para seleccionar los servicios del canal de protección.

Dado que las estructuras de red son cada vez más complicadas, la protección de conexión de subred (SNCP) es el único modo de protección del tráfico que puede ser adaptado a varias estructuras topológicas de red con un rápido tiempo de conmutación, estas son mostradas en la Figura 3.13.

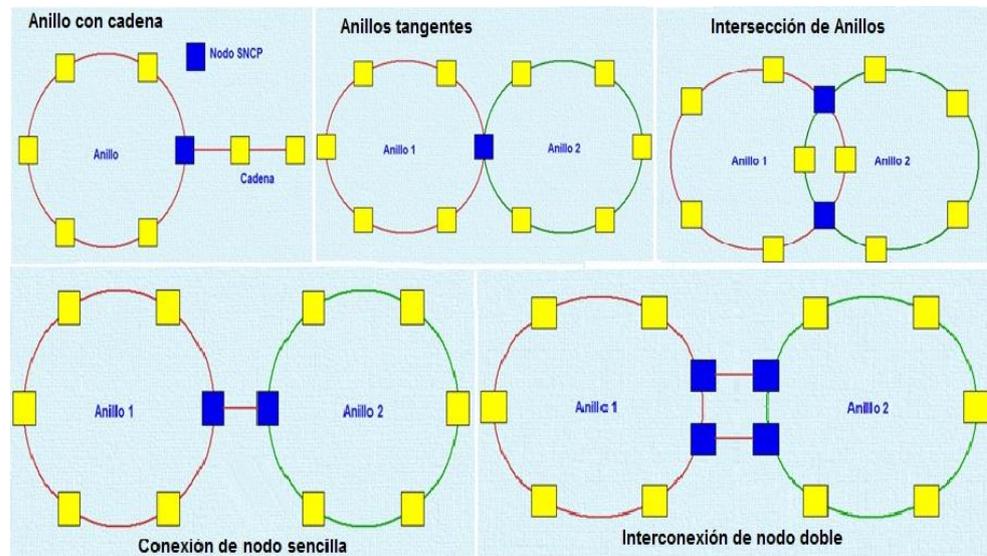


Figura 3.13 Estructuras topológicas de red adaptables a SNCP.

Como se muestra en la Figura 3.14, SNCP utiliza el modo de protección 1 +1. El tráfico se envía simultáneamente tanto en la sub-red de trabajo como la de protección. Cuando la conexión de la sub-red de trabajo falla, o cuando su rendimiento se deteriora a un cierto nivel, en el extremo receptor de la conexión de subred, la señal desde la conexión de la sub-red de protección se selecciona de acuerdo a la regla de selección de preferencias. La conmutación usualmente toma el modo de conmutación unidireccional. Cambiar el modo de conmutación generalmente el cambio unidireccional, por lo tanto, no necesita protocolo de APS.

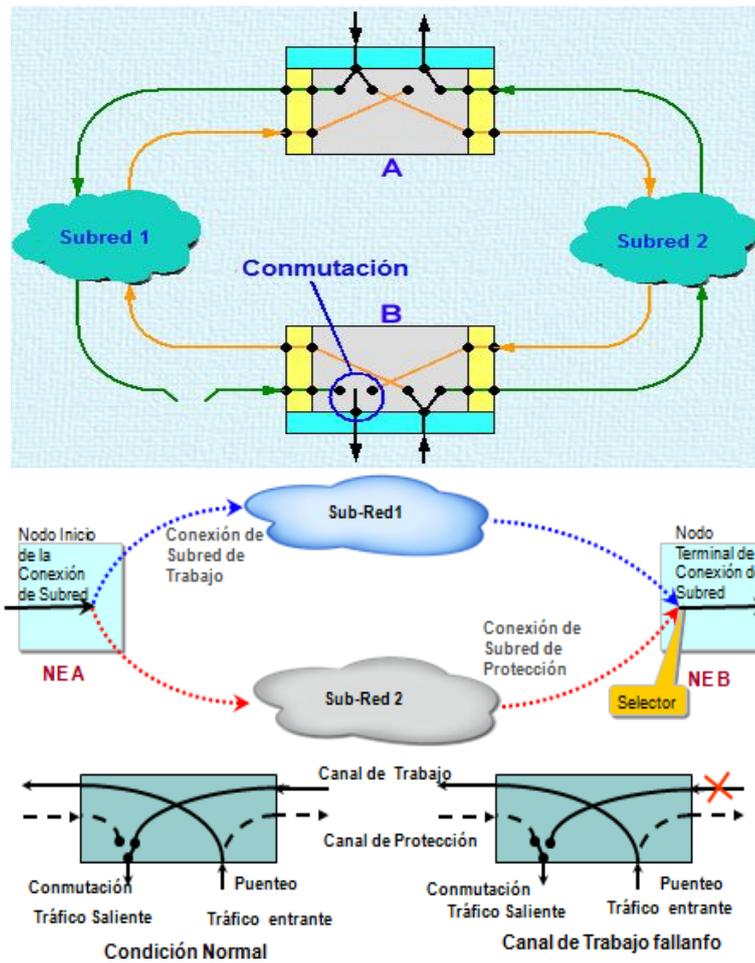


Figura 3.14 Representación de Protección SNCP [3].

El funcionamiento para el mecanismo de protección del anillo de SNCP es basado en el envío de la información en forma constante en el extremo transmisor y en la recepción selectiva en el extremo receptor. Ver Figura 3.15.

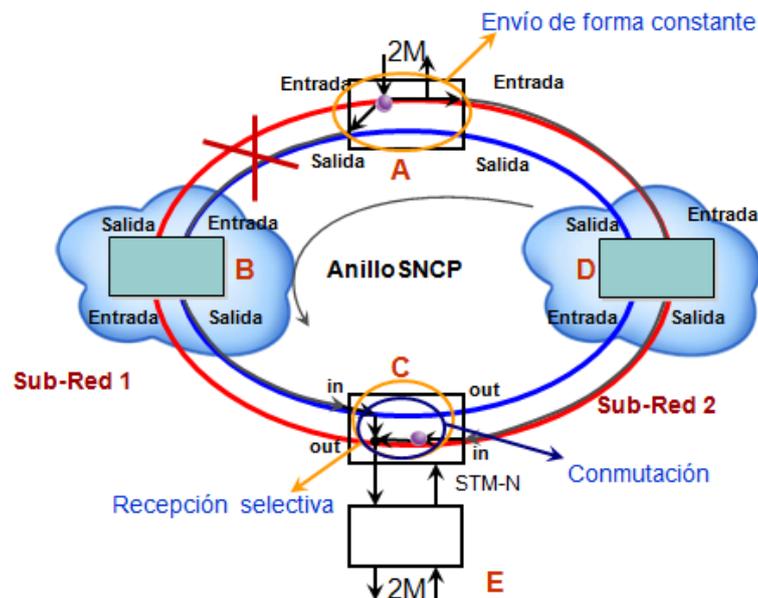


Figura 3.15 Funcionamiento de SNCP en condiciones de falla [3].

De la estructura de red (Red Anillo SNCP - Red Cadena) mostrada en la Figura 3.15, supongamos que tenemos un servicio E1 configurado entre el nodo A y el nodo E, el nodo E se encuentra al final de la sub-red con topología de cadena formada con los nodos C y E. De acuerdo al funcionamiento del anillo SNCP anteriormente explicado, el servicio será constantemente enviado tanto por la sub-red de trabajo (Sub-Red 1) como por la sub-red de protección (Sub-Red 2). Luego de pasar a través de ambas subredes por separado, este es recibido por el nodo C, donde hay un selector. Si la estructura de red sólo contara con el anillo SNCP, el nodo C recibiría el servicio. Como también existe la red cadena, el servicio

tiene que pasar a través de la unidad de línea entre los nodos C y E para alcanzar como destino al nodo E.

Para la protección SNCP, si desaparece la señal de falla al superar un evento presentado en la red, el nodo podría volver a recibir los servicios después de 10 minutos que es el tiempo de restauración (WTR - wait to restore) de forma predeterminada tal como se muestra en la Figura 3.16. Se puede ajustar desde 5 hasta 12 minutos.

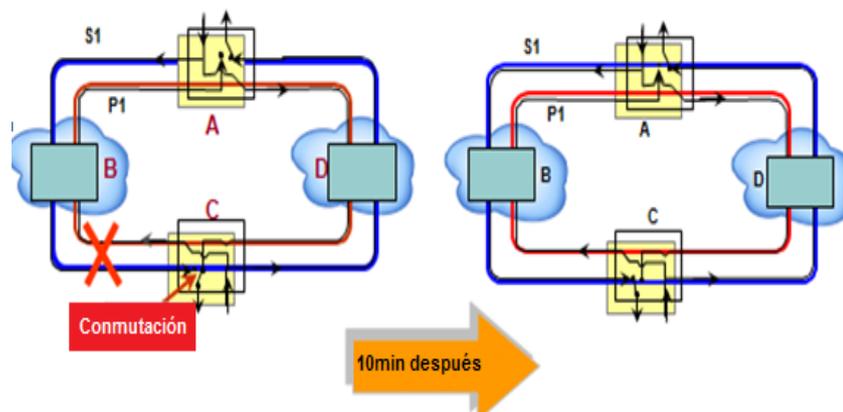


Figura 3.16 Tiempo WTR para SNCP (configurable 5-12min) [3].

Con el fin de resumir las características técnicas más relevantes de las protecciones anillo estudiadas en este capítulo la Tabla 3.1 muestra comparaciones entre los mecanismos de protección PP, MSP; SNCP.

	PP	MSP	SNCP
Capacidad (N: # de nodos)	STM-N	M/2 x STM-N	STM-N
Tiempo de Conmutación.	Menos de 15ms	Menos de 50ms	No límites
Protocolo APS	No requerido	Requerido	No requerida
Topología Aplicada	Anillo	Anillo	Ningún Anillo
Complejidad	Simple	Complicada	No límites
Máximo # de Nodos	No límites	Sección Múltiple	Simple
Tramo Protegido	Ruta	Sección Múltiple	Ruta
Condiciones de Conmutación	TU-AIS	SF (LOS, LOF, MS-AIS, AU-LOP) y SD (B2-SD, B2-OVER)	LOS, LOF, OOP, MS-AIS, AU-LOP, AU-AIS, TU-LOP, TU-AIS, B2-OVER, B2-SD, TIM, SLM, UNEQ, B3-OVER, Tarjeta de LU no es posición.

Tabla 3.1 Comparación entre los mecanismos de protección.

CAPÍTULO 4

4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO OPTIX OSN 1500B

En este capítulo se describe las características físicas, funcionamiento de tarjetas y parámetros técnicos del equipo OPTIX OSN 1500 sub armario tipo B que se encuentra en el Laboratorio de Telecomunicaciones de la unidad FIEC. En la sección 4.3 se especifica los cables y conectores con que se realiza la conexión de los mismos, además de las diversas funcionalidades que se pueden implementar de acuerdo a las tarjetas que tiene disponibles.

4.1. ARQUITECTURA DEL EQUIPO

El equipo Optix OSN 1500B es, por la definición de sus siglas, un nodo de conmutación óptica, esto es, un equipo de conmutación modular que tiene interfaces ópticas lo cual le permite procesar y

transmitir datos a gran velocidad haciéndolo apto para realizar el transporte de los mismos principalmente en redes MAN. La familia de equipos OSN también es conocida como NGSDH.

De acuerdo al modelo OSI, estos equipos “trabajan” en la capa 2 (enlace de datos). Y según el correcto diseño de esta capa, la serie 1500 es principalmente usada para el acceso al sistema, aunque también puede desempeñarse en la etapa de distribución.

Describiendo la estructura del equipo OSN 1500B, está constituido por 2 secciones que se identifican visualmente, como se muestra en la Figura 4.1



Figura 4.1 Secciones del OSN 1500B [12].

La sección superior está dedicada a tarjetas que contienen esencialmente interfaces necesarias para implementar los servicios

que procesan las tarjetas de la sección inferior. La sección superior contiene tarjetas de interfaz, mientras la inferior contiene tarjetas de procesamiento.

Ya que es un equipo modular, esto es, que admite que se coloquen tarjetas en sus ranuras para brindar diversas funcionalidades, se puede dividir el equipo en 5 áreas que identifican los tipos de tarjetas que lo conforman. Posee 2 áreas que corresponden a espacios físicos dedicados al ensamblaje y arreglo de cables.

En la Figura 4.2 se puede notar las 7 áreas [13].

1. Área para tarjetas de interfaz.
2. Área para la fuente de alimentación eléctrica.
3. Área de ventilación.
4. Área para tarjetas de procesamiento.
5. Área para la tarjeta de interfaz auxiliar.
6. Área para arreglo de cable de fibra.
7. Área de agarradero para el montaje.

Área para la tarjeta de interfaz auxiliar: En esta ranura se coloca la tarjeta de interfaz auxiliar que provee las interfaces de: alarmas, teléfono orderwire, administración y mantenimiento y de reloj.

Área para la fuente de alimentación eléctrica: Se utilizan dos tarjetas de alimentación llamadas PIU, estas se usan para energizar el equipo.

Área para arreglo de cable de fibra: Es una estructura integrada a ambos lados de la sección inferior que fue diseñada para organizar los cables de fibra en el sub armario.

Área de agarradero para el montaje: Es la estructura que se utiliza para el respectivo montaje del equipo en el bastidor.

Es de gran importancia anotar que cada ranura de la sección inferior admite una capacidad de procesamiento pero algunas de ellas (11, 12 y 13) permiten ser segmentadas en dos de tal manera que se puede colocar tarjetas de la mitad del ancho de la misma según las necesidades de operación. La Figura 4.3 y Figura 4.4 reflejan la reasignación de ranuras cuando se usa esta funcionalidad además de las capacidades admitidas.

	Ranura 14	Tarjeta de Interfaz	Ranura 18	PIU
	Ranura 15	Tarjeta de Interfaz		
	Ranura 16	Tarjeta de Interfaz	Ranura 19	PIU
	Ranura 17	Tarjeta de Interfaz		
Ranura 20 FAN	Ranura 11	2.5 Gbit/s	Ranura 6	622 Mbit/s
	Ranura 12	2.5 Gbit/s	Ranura 7	622 Mbit/s
	Ranura 13	2.5 Gbit/s	Ranura 8	622 Mbit/s
	Ranura 4	2.5 Gbit/s	Ranura 9	622 Mbit/s
	Ranura 5	2.5 Gbit/s	Ranura 10	AUX

Figura 4.3 Ranuras 11-13 sin división con capacidad de 2.5 Gbit/s.

	Ranura 14	Tarjeta de Interfaz		Ranura 18	PIU	
	Ranura 15	Tarjeta de Interfaz				
	Ranura 16	Tarjeta de Interfaz		Ranura 19	PIU	
	Ranura 17	Tarjeta de Interfaz				
Ranura 20 FAN	Ranura 1	1.25 Gbit/s	Ranura 11	1.25 Gbit/s	Ranura 6	622 Mbit/s
	Ranura 2	1.25 Gbit/s	Ranura 12	1.25 Gbit/s	Ranura 7	622 Mbit/s
	Ranura 3	1.25 Gbit/s	Ranura 13	1.25 Gbit/s	Ranura 8	622 Mbit/s
	Ranura 4	2.5 Gbit/s		Ranura 9	622 Mbit/s	
	Ranura 5	2.5 Gbit/s		Ranura 10	AUX	

Figura 4.4 Ranuras 11-13 divididas con capacidad de 1.25 Gbit/s en cada media ranura.

En el laboratorio de Telecomunicaciones se cuenta con 3 bastidores y en el interior de cada uno permanece instalado un equipo OSN 1500B como se puede apreciar en la Figura 4.5, y se han denominado en el orden izquierda a derecha FIEC1, FIEC2 Y FIEC3.



Figura 4.5 Equipos OSN 1500B del laboratorio de Telecomunicaciones.

4.2. TARJETAS

Los equipos OSN 1500B tienen una amplia gama de tarjetas que pueden ser colocadas en sus ranuras para brindar diversas funcionalidades en las que destaca la transmisión de diferentes niveles de servicios provenientes de jerarquías de bajo nivel como PDH hacia un alto nivel (SDH) y viceversa. De acuerdo a los requisitos de construcción del fabricante Huawei, cada una de ellas no puede ser colocada en cualquier ranura sino que se conserva una especificación técnica por cada placa. La lista de las tarjetas con sus características se puede encontrar en el manual del fabricante [13]. Sin embargo, en este capítulo se describirán aquellas que son objeto de nuestro estudio.

Para identificar las tarjetas podemos clasificarlas en dos grupos según su apariencia física y según la función que desempeñan.

Por su apariencia física las tarjetas se clasifican en:

- Tarjetas de procesamiento con interfaz.
- Tarjetas de procesamiento.
- Tarjetas de interfaz.

Las tarjetas de procesamiento no pueden usarse solas ya que no tienen interfaces para el ingreso de las señales, por este motivo se usan en conjunto con la correspondiente tarjeta que proveerá las interfaces específicas para los diferentes niveles de señal. Esta característica se muestra en la Figura 4.6.

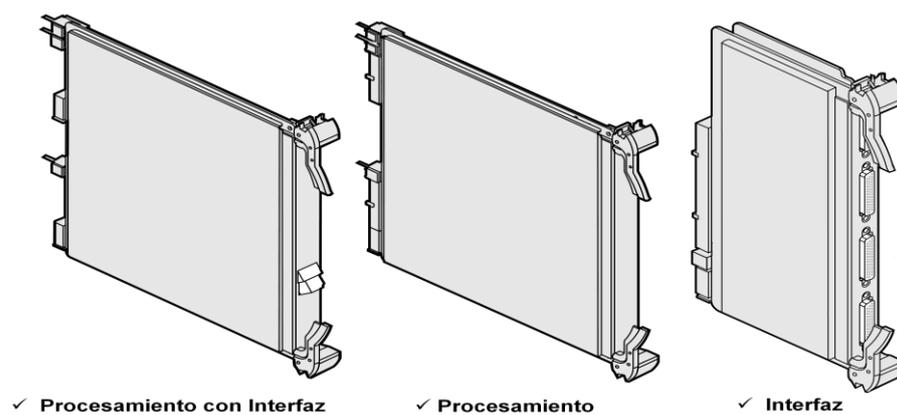


Figura 4.6 Apariencia y Tipos de tarjeta [12].

Por la función que desempeñan, las tarjetas se pueden clasificar en tarjetas: De procesamiento SDH, de procesamiento PDH, de

procesamiento de datos (de señales Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, ATM y SAN), de interfaz y conmutación, cross-conectoras y SCC, auxiliares, de procesamiento WDM, de amplificación y compensación de la dispersión, de alimentación eléctrica.

En el laboratorio se utilizan tarjetas de procesamiento SDH, PDH y de datos de señales Fast y Gigabit Ethernet, así como las cross-conectoras, auxiliares y las de alimentación eléctrica, y nuestro enfoque estará específicamente en aquellas que se encuentran montadas en los OSN para el desarrollo de las prácticas descritas en el capítulo 5 para lo cual, a través de una consulta en el sistema de gestión T2000 en dos de los OSN, se obtuvo los diagramas que se muestran en la Figura 4.7 y Figura 4.8. Estos resultados deben coincidir con una observación in situ que se haga a los equipos.

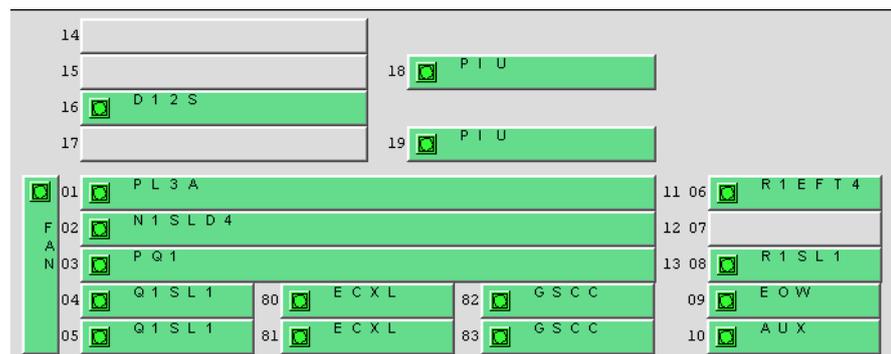


Figura 4.7 Tarjetas que ocupan las ranuras del equipo FIEC1.

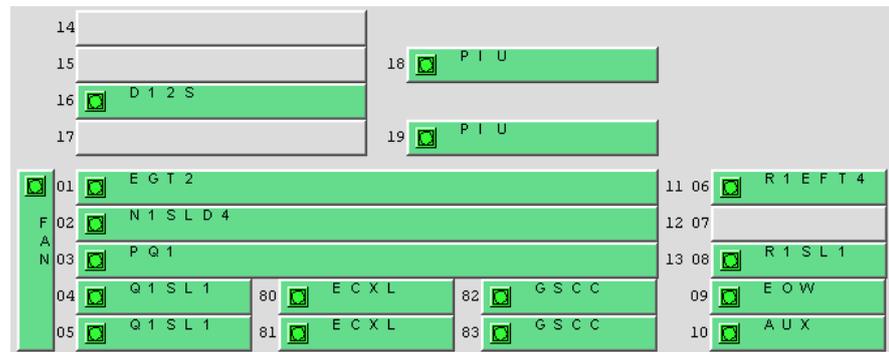


Figura 4.8 Tarjetas que ocupan las ranuras del equipo FIEC3.

En realidad, en cada una de las ranuras 4 y 5 existe una tarjeta y no tres, más adelante se hará la descripción de esta placa denominada CLX1 que además admite una capacidad y realiza funciones de SCC motivo por el cual se separa de manera lógica en tres tarjetas. La Tabla 4.1 muestra las placas disponibles, clasificándolas según el tipo de función que desempeñan.

TIPO DE TARJETA		NOMBRE
Procesamiento SDH		N1SLD4
		R1SL1
Procesamiento PDH		N1PQ1B
		N1PL3A
Procesamiento de datos	Procesamiento de señales Fast Ethernet	R1EFT4
	Procesamiento de señales Gigabit Ethernet	N1EGT2
Interfaz y conmutación	De interfaz	N1D12S
Cross-conectoras y SCC	Cross-conectora	CXL1
Auxiliares	De teléfono orderwire	R1EOW
	De interfaz auxiliar	R1AUX
	De ventilación	FAN
De alimentación eléctrica		PIU

Tabla 4.1 Tarjetas disponibles en el Laboratorio de Telecomunicaciones.

Se debe anotar que los equipos cuentan además con un módulo que les proporciona la alimentación eléctrica a la tarjeta PIU llamado UPM. Dichos módulos se pueden observar en la parte superior de los armarios en la Figura 4.5.

4.2.1. TARJETAS DE PROCESAMIENTO SDH

Son las encargadas de recibir y transmitir señales de alto nivel, o para realizar la conversión óptica a eléctrica de las mismas, para extraer/insertar los bytes de cabecera o procesar la cabecera y generar señales de alarma en la línea.

Tarjeta de procesamiento SDH N1SLD4:

Las siglas D “double” y 4 indican que es una tarjeta que presenta 2 pares de puertos para el acceso de señales de nivel STM-4. Entre sus funciones están la de realizar la recepción y transmisión de señales STM-4, así como la conversión óptica a eléctrica de la misma para su procesamiento, insertar/extraer los bytes de la cabecera, generar alarmas en la línea y realizar la concatenación de servicios.

A diferencia de otras versiones como la N2SLD4, esta tarjeta no soporta la configuración de la función TCM y de servicios AU-3. Ningún otro modelo de esta tarjeta puede reemplazar las operaciones que realiza. Otras funciones y características disponibles se explican en la Tabla 4.2.

Función y Características	Descripción
Especificación de la interfaz óptica	Soporta los tipos de estándares de interfaces ópticas I-4, S-4.1, L-4.1, L-4.2 que cumplen con las especificaciones de la ITU-T G.957 y el tipo Ve-4.2 que cumple con el estándar definido por Huawei.
Especificación del módulo óptico	Soporta detección y consulta de la información en el módulo óptico. La interfaz óptica permite la configuración del estado de encendido/apagado del láser y la función ALS. Soporta la utilización del módulo óptico SFP y su monitoreo.
Procesamiento de servicio	Soporta servicios VC-12, VC-3, y VC-4 la concatenación de servicios VC-4-4c.
Procesamiento de cabecera.	Soporta el procesamiento de los bytes SOH de la señal STM-4, la transmisión transparente o terminación de los bytes POH, la configuración y consulta de los bytes J0, J1 y C2, y soporta uno de los dos canales de comunicación ECC.
Alarma y eventos de rendimiento.	Provee abundantes alarmas y eventos de rendimientos para fácil administración y mantenimiento de los equipos.
Esquema de protección	Soporta las protecciones de anillo MSP de 2-fibras y MSP de 4-fibras y las protecciones lineales MSP, SNCP, SNCTP y SNCMP. También permite las protecciones MSP y SNCP de camino óptico compartido.
Características de mantenimiento	Soporta inloop y outloop en las interfaces ópticas para rápida localización de las fallas. Soporta reinicio en caliente sin afectar los servicios y también soporta reinicio en frío. Soporta la función de consulta de la información de fabricación de la tarjeta. Soporta que se realice carga de información en la FPGA mientras ésta se encuentra en operación. Soporta la actualización del software de la tarjeta sin afectación del servicio.

Tabla 4.2 Funciones y características de la N1SLD4 [13].

La tarjeta puede ser colocada únicamente en las ranuras 11, 12 y 13 del sub armario, permaneciendo actualmente en el número 12, y los 2 pares de puertos que brinda admiten conectores del tipo LC y están disponibles en el panel frontal de la misma, lo cual se expone en la Figura 4.9 y también pueden aceptar la inserción de módulos SFP que permiten que el mantenimiento sea más sencillo.

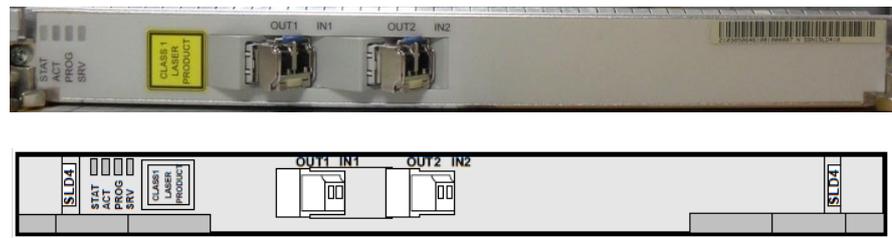


Figura 4.9 Vista frontal de la tarjeta N1SLD4 [13].

Para determinar el tipo de interfaz óptica es preciso identificar, en el código de barras impreso en la parte frontal de la tarjeta, los dígitos finales, denominados código de presentación, y que están después de los caracteres que corresponden a la versión y nombre de la tarjeta. Este ejemplo se muestra en la Figura 4.10.

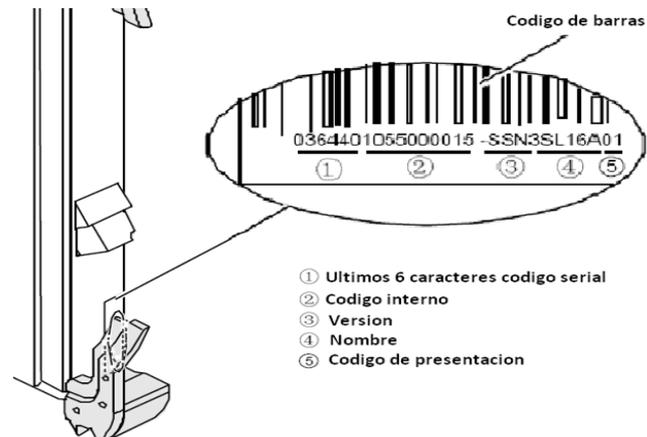


Figura 4.10 Código de barras de 16 caracteres de fabricación [13].

En este caso la cifra es **10** obtenida del código **SSN1SLD410** y de acuerdo a la tabla de correspondencia 5-43 del manual del fabricante [13], este número referencia a la interfaz óptica de tipo S-4.1. De la misma manera este resultado nos permite determinar las especificaciones técnicas que se resumen en la Tabla 4.3 a continuación:

Característica	Especificación
Velocidad de bit nominal	622080 kbit/s
Código de línea	NRZ
Tipo de interfaz óptica	S-4.1
Interfaz óptica fuente	MLM
Longitud de onda de trabajo (nm)	1274–1356
Potencia óptica emitida (dBm)	–15 hasta –8
Sensibilidad del receptor (dBm)	–28
Potencia óptica de sobrecarga (dBm)	–8
MiN. Cociente de extinción	8.2

Tabla 4.3 Especificaciones de la interfaz óptica de la N1SLD4 [13].

El tipo de láser usado por las interfaces es de clase 1 con un consumo menor a 10 mW (10 dBm) y la potencia máxima de consumo de la tarjeta (25°C) es 15 W.

Tarjeta de procesamiento SDH R1SL1:

El código 1, al final del nombre, indica que procesa señales de nivel STM-1 y, por no encontrarse ninguna sigla antes de este dígito, significa que presenta sólo 1 par de interfaces ópticas. Entre sus funciones están la de realizar la recepción y transmisión de señales STM-1, así como la conversión óptica a eléctrica de la misma, insertar/extraer los bytes de la cabecera, y generar alarmas en la línea.

Esta placa no tiene la capacidad de soportar la configuración de la función TCM y tampoco puede ser sustituida por ninguna de sus otras dos versiones existentes en el mercado. Otras funciones y características disponibles se han recogido en la Tabla 4.4.

Función y Características	Descripción
Especificación de la interfaz óptica	Soporta los tipos de estándares de interfaces I-1, S-1.1, L-1.1, L-1.2 que cumplen con las especificaciones de la ITU-T G.957 y el tipo Ve-1.2 que cumple con el estándar definido por Huawei.
Especificación del módulo	Soporta detección y consulta de la información en el módulo óptico. Soporta la utilización del módulo óptico SFP y su monitoreo.

óptico	La interfaz óptica soporta la función de configuración del estado de encendido/apagado del láser y la función ALS.
Procesamiento de servicio	Soporta procesamiento de servicios VC-12, VC-3 y VC-4.
Procesamiento de cabecera.	Soporta el procesamiento de los bytes SOH de las señales STM-1, la transmisión transparente y terminación de los bytes POH, la configuración y consulta de los bytes J0, J1 y C2.
Alarma y eventos de rendimiento.	Provee abundantes alarmas y eventos de rendimientos para fácil administración y mantenimiento de los equipos.
Esquema de protección	Permite la configuración de las protecciones de anillo MSP de 2-fibras bidireccionales y MSP de 4-fibras. Permite la configuración de las protecciones lineales MSP, SNCP, SNCTP y SNCMP.
Características de mantenimiento	Soporta inloop y outloop en las interfaces ópticas para rápida localización de las fallas. Soporta reinicio en caliente sin afectar los servicios y también soporta reinicio en frío. Soporta la función de consulta de la información de fabricación de la tarjeta. Soporta que se realice carga de información en la FPGA mientras ésta se encuentra en operación. Soporta la actualización del software de la tarjeta sin afectación del servicio.

Tabla 4.4 Funciones y características de la R1SL1 [13].

Describiendo la apariencia física, esta tarjeta tiene las dimensiones de la mitad de una ranura y al presente está insertada en el número 8, pero se puede ubicar también en las ranuras 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11 y 13. El puerto disponible acepta conectores del tipo LC Ver Figura 4.11. También admite la colocación de un módulo SFP.

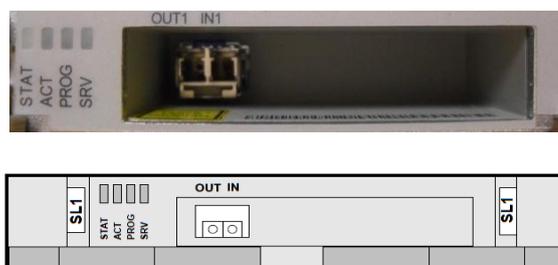


Figura 4.11 Vista frontal de la tarjeta R1SL1 [13].

Para determinar las especificaciones técnicas de la interfaz óptica que se sintetizan en la Tabla 4.5 fue necesaria la identificación del código de presentación. A partir del código de barra se obtiene el valor SSR1SL1 **10** que, de acuerdo a la información del fabricante, referencia a una interfaz óptica del tipo S-1.1.

Característica	Especificación
Velocidad de bit nominal	155.52 Mbit/s
Código de línea	NRZ
Tipo de interfaz óptica	S-1.1
Interfaz óptica fuente	MLM
Longitud de onda de trabajo	1261–1360
Potencia óptica emitida (dBm)	–15 hasta –8
Sensibilidad del receptor (dBm)	–28
Potencia óptica de sobrecarga (dBm)	–8
MiN. Cociente de extinción	8.2

Tabla 4.5 Especificaciones de la interfaz óptica de la R1SL1 [13].

La máxima potencia de consumo de la R1SL1 a 25°C es 10.3W. El consumo del láser de clase 1 es menor a 10 Mw (10 dBm).

4.2.2. TARJETAS DE PROCESAMIENTO PDH

Como ya se ha mencionado los Optix OSN 1500 también permiten procesamiento de señales de bajo nivel a diferentes velocidades e impedancias como por ejemplo señales del tipo

E1/T1, E3/T3, E4/STM-1 y DDN. Otras funciones que pueden desempeñar estas placas son las de procesar la cabecera, reportar alarmas y eventos de rendimiento, proveer características de mantenimiento e incluso de protección.

Tarjeta de procesamiento PDH N1PQ1B:

Es una tarjeta que proporciona capacidad de procesamiento a 63 señales de nivel E1 con su respectiva cabecera. Además reporta alarmas y eventos de rendimiento, provee características de mantenimiento y permite la configuración de la protección TPS. No soporta la función E13 a diferencia de sus otras versiones N2PQ1A y N2PQ1B, en cambio, sí ejecuta la función de temporización tributaria. Sólo podría ser reemplazada por su similar N2PQ1B pero cuando no se requiera habilitar esta función. Ver Tabla 4.6.

Función y Características	Descripción
Procesamiento de servicio	Procesa 63 señales eléctricas de nivel E1 cuando es usada con una tarjeta de interfaz.
Procesamiento de cabecera.	Soporta la transmisión transparente y terminación de los bytes POH en el VC-12, como el byte J2.
Alarma y eventos de rendimiento.	Provee abundantes alarmas y eventos de rendimientos para fácil administración y mantenimiento de los equipos.
Características de mantenimiento	Soporta inloop y outloop en las interfaces eléctricas. Soporta reinicio en caliente sin afectar los servicios y también soporta reinicio en frío. Soporta la función de consulta de la información de fabricación de la tarjeta. Soporta que se realice carga de información en la FPGA mientras ésta se encuentra en operación.

	Soporta la actualización del software de la tarjeta sin afectación del servicio. Soporta la función PRBS.
Esquema de protección	Soporta la protección TPS cuando se usa con la tarjeta de interfaz. Cuando la tarjeta de trabajo habilitada es la PQ1, entonces la tarjeta de protección puede ser la PQM. Así se proporciona protección híbrida.

Tabla 4.6 Funciones y características de la N1PQ1B [13].

De acuerdo a la clasificación de las tarjetas por su apariencia física, pertenece a una tarjeta de procesamiento, es decir que no tiene interfaces en su vista frontal, por lo cual se hace necesario que, para que las señales E1 tengan acceso, se coloque una tarjeta de interfaz en el área superior del sub bastidor. De hecho, la letra B que compone su nombre y los caracteres 01 que se leen en el código de barras, componen el código de presentación e indican que la impedancia de las interfaces con las que deberá trabajar deben ser de 120ohms, característica que cumple la placa N1D12S (tiene 32 interfaces y se describe en la sub sección 4.2.4). La vista frontal de la N1PQ1B se puede apreciar en la Figura 4.12.



Figura 4.12 Vista frontal de la tarjeta N1PQ1B [13].

Las ranuras 11, 12 y 13 admiten la colocación de esta tarjeta, y actualmente se encuentra insertada en la ranura 13 en cada uno de los OSN.

Debido a que procesa 63E1 se necesitan 2 placas N1D12S, sin embargo sólo se cuenta con una tarjeta N1D12S por cada equipo. Al colocar la tarjeta N1PQ1B en una ranura se debe tener en cuenta que existe una relación de ubicación con la tarjeta de interfaz N1D12S, la cual se describe a continuación: Cuando la PQ1 es colocada en la ranura 12, las N1D12S deben ser ubicadas en las ranuras 14 (para los primeros 32 canales de servicio) y 15 (para los 31 canales de servicio restantes). Si la PQ1 es situada en la ranura 13, las N1D12S deberán ocupar las ranuras 16 y 17. En la ranura 11 se puede instalar una tarjeta que realice la protección TPS, en dicho caso dicha placa protege a las tarjetas montadas en las ranuras 12 y 13.

Respecto al consumo de potencia de la tarjeta éste deberá ser de máximo 19W a temperatura ambiente (25°C).

Tarjeta de procesamiento PDH N1PL3A:

La capacidad de procesamiento de esta tarjeta es de 3 señales de niveles E3/T3 con su respectiva cabecera, adicionalmente reporta alarmas y eventos de rendimiento y provee características de mantenimiento y protección TPS. Tiene interfaces incorporadas. No soporta la función E13/M13 a diferencia de su otra versión N2PL3A pero la N1PL3A sí puede ser reemplaza por la N2PL3A. Las funciones y características de esta tarjeta se resumen en la Tabla 4.7.

Función y Características	Descripción
Procesamiento de servicio	Procesa 3 señales eléctricas de nivel E3/T3.
Procesamiento de cabecera.	Soporta la configuración y consulta de todos los bytes POH en el nivel VC-3.
Alarma y eventos de rendimiento.	Provee abundantes alarmas y eventos de rendimientos para fácil administración y mantenimiento de los equipos.
Características de mantenimiento	Soporta inloop y outloop en las interfaces eléctricas. Soporta reinicio en caliente sin afectar los servicios y también soporta reinicio en frío. Soporta la función de consulta de la información de fabricación de la tarjeta. Soporta que se realice carga de información en la FPGA mientras ésta se encuentra en operación. Soporta la actualización del software de la tarjeta sin afectación del servicio. Soporta la función PRBS.

Tabla 4.7 Funciones y características de la N1PL3A [13].

La tarjeta N1PL3A puede ser ubicada en cualquiera de las ranuras de la 11 a la 13, y para nuestros fines se ubicará en un equipo en la ranura 11 y en otro en la ranura 13.

Esta tarjeta posee 3 pares de interfaces desbalanceadas de 75 ohms, cuyos conectores son del tipo SMB hembra. Su apariencia física se muestra en la Figura 4.13.



Figura 4.13 Vista frontal de la tarjeta N1PL3A [13].

Respecto a las especificaciones técnicas, en la Tabla 4.8 se resumen las características eléctricas de las interfaces. El consumo de potencia a temperatura ambiente (25°C) deberá ser máximo de 15 W.

Tipo de interfaz	Código	Velocidad de bit de la señal de salida	Desviación de frecuencia de entrada permitida	Atenuación de entrada permitida	Tolerancia de jitter de entrada
34368 kbit/s	HDB3		Conforme al estándar ITU-T G.703		
44736 kbit/s	B3ZS		Conforme al estándar ITU-T G.703		

Tabla 4.8 Características eléctricas de las interfaces de la N1PL3A [13].

4.2.3. TARJETAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Entre los diferentes tipos de señales de datos que los equipos permiten transportar, en el laboratorio de Telecomunicaciones

contamos con tarjetas para procesar señales de tipo Fast Ethernet y Gigabit Ethernet.

Tarjeta de procesamiento de datos de señales Fast Ethernet

R1EFT4:

Esta tarjeta tiene interfaces integradas y soporta transmisión transparente de 4 servicios de nivel Fast Ethernet, LCAS y pruebas de tramas. Otras funciones se detallan en la Tabla 4.9.

Función y Características	Descripción
Especificación de la interfaz eléctrica	Soporta señales 10Base-T/100Base-TX de acuerdo al estándar IEEE 802.3u.
Formato de las tramas de servicio	Soporta Ethernet II, IEEE 802.3 e IEE 802.1q TAG. Soporta tramas con un rango de longitud desde 64 bytes a 9600 bytes. Soporta tramas más grandes con una longitud menor a 9600 bytes.
Máximo ancho de banda del enlace de subida "uplink"	622 Mbit/s.
Número de VCTRUNKs	4
Formato de encapsulación	HDLC, LAPS, GFP-F
Mapeo de granularidad	Soporta VC-12, VC-3, VC-12-Xv ($X \leq 63$) y VC-3-Xv ($X \leq 3$)
Tipo de servicio Ethernet	Soporta EPL
MPLS	No soporta.
VLAN	Soporta transmisión transparente de VLAN.
LPT	Soporta
CAR	No soporta
Función de control de flujo	Soporta el control de flujo del estándar IEEE 802.3x basado en puerto FE.
LCAS	Incrementa o disminuye dinámicamente el ancho de banda, y realiza la función de protección de acuerdo al estándar ITU.T G.7042.
Prueba de trama	Recibe y transmite tramas de prueba Ethernet
Monitoreo del rendimiento Ethernet	Soporta en el nivel de puerto.
Alarmas y eventos de rendimiento	Provee abundantes alarmas y eventos de rendimientos para fácil administración y mantenimiento de los equipos.

Tabla 4.9 Funciones y características de la R1EFT4 [13].

Las dimensiones de la tarjeta R1EFT4 son de la mitad de una ranura y en los equipos permanecen ubicadas en la ranura 6 pero también puede ser ubicada en las ranuras 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12 y 13. Las cuatro interfaces eléctricas que posee en su panel frontal son del tipo RJ-45 las cuales les permiten transmitir y recibir señales de basadas en los estándares 10Base-T/100Base-TX. Ver Figura 4.14.

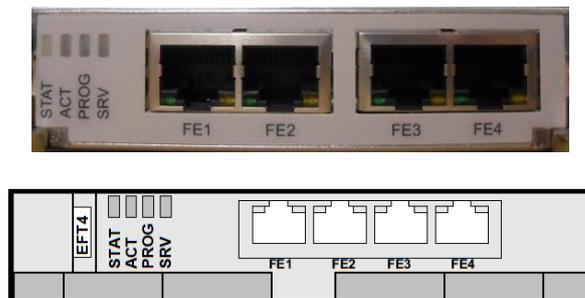


Figura 4.14 Vista frontal de la tarjeta R1EFT4 [13].

A temperatura ambiente (25°C), el consumo máximo de potencia es 14W.

Tarjeta de procesamiento de datos de señales Gigabit

Ethernet: N1EGT2:

Esta tarjeta tiene interfaces ópticas integradas y soporta transmisión transparente de 2 servicios de nivel Gigabit Ethernet, LCAS y pruebas de tramas. Ver Tabla 4.10.

Función y Características	Descripción
Especificación de la interfaz óptica	Las interfaces ópticas son del tipo 1000Base-SX/LX/ZX y soportan auto negociación de acuerdo al estándar IEEE 802.3z. Usan módulos SFP que pueden cambiarse en uso "hot-swappable" Usando fibra multimodo la máxima distancia de transmisión es 550m, con fibra monomodo la máxima distancia es 10km. Los módulos ópticos se pueden utilizar para diferentes necesidades de distancia de transmisión, tales como 40 km y 70 km
Formato de tramas de servicio	Soporta Ethernet II, IEEE 802.3 e IEE 802.1q TAG. Soporta tramas con un rango de longitud desde 64 bytes a 9600 bytes. Soporta tramas más grandes con una longitud menor a 9600 bytes.
Máximo ancho de banda del enlace de subida "uplink"	2.5 Gbit/s
Número de VCTRUNKs	2
Formato de encapsulación	HDLC, LAPS, GFP-F
Mapeo de granularidad	Soporta VC-4, VC-3, VC-3-Xv (X≤24), and VC-4-Xv (X≤8
Tipo de servicio Ethernet	Soporta EPL
MPLS	No soporta.
VLAN	Soporta transmisión transparente de VLAN.
LPT	Soporta
CAR	No soporta
Función de control de flujo	Soporta el control de flujo del estándar IEEE 802.3x basado en puerto GE.
LCAS	Incrementa o disminuye dinámicamente el ancho de banda, y realiza la función de protección de acuerdo al estándar ITU.T G.7042.
Prueba de trama	Recibe y transmite tramas de prueba Ethernet
Monitoreo del rendimiento Ethernet	Soporta en el nivel de puerto.
Alarmas y eventos de rendimiento	Provee abundantes alarmas y eventos de rendimientos para fácil administración y mantenimiento de los equipos.

Tabla 4.10 Funciones y características de la N1EGT2 [13].

La tarjeta permanece ubicada en la ranura 11 en dos de los OSN, pero pueden acoplarse también en las ranuras 12 y 13.

Tiene 2 interfaces de tipo LC incorporadas en su panel frontal las cuales le permiten enviar y recibir señales 1000Base-SX/LX/ZX. Ver Figura 4.15.

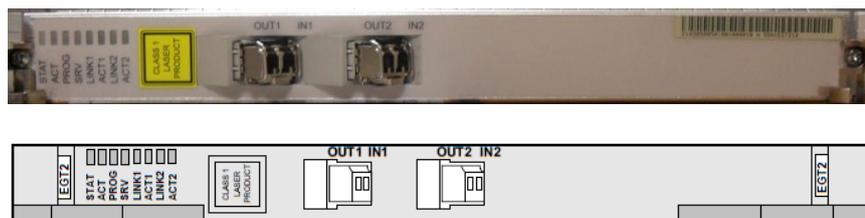


Figura 4.15 Vista frontal de la tarjeta N1EGT2 [13].

El código de presentación de la tarjeta es **10**, ya que se observa el código SSN1EGT210 impreso en el panel frontal, lo cual corresponde a una interfaz óptica del tipo 1000Base-SX (0.55 km). En la Tabla 4.11 se describe las especificaciones técnicas de la misma.

Característica	Especificación
Tipo de interfaz óptica	1000Base-SX (0.55 km)
Interfaz óptica fuente	MLM
Potencia óptica emitida (dBm)	-9.5 a 0
Longitud de onda de trabajo	770 a 860
Potencia óptica de sobrecarga (dBm)	-0
Sensibilidad del receptor (dBm)	-17
MiN. Cociente de extinción	9

Tabla 4.11 Especificaciones de la interfaz óptica de la N1EGT2 [13].

A 25°C, el máximo consumo de potencia es 29W.

4.2.4. TARJETAS DE INTERFAZ Y CONMUTACIÓN

Las tarjetas de interfaz son utilizadas para proporcionar acceso a las señales tributarias y de tipo Ethernet, es decir que tiene contacto con los cables de cobre y de fibra. En cambio las interfaces de conmutación se utilizan para proveer la protección TPS. En nuestro ambiente sólo se dispone de tarjetas de interfaz D12S.

Tarjeta de interfaz N1D12S:

Se usa para la transmisión/recepción de 32 señales eléctricas de nivel E1/T1, las cuales van a ser procesadas por la tarjeta PQ1. De acuerdo al manual del fabricante también podría usarse en conjunto con la tarjeta PQM, pero no se dispone de ésta en el aula. Así mismo, su ubicación en el sub bastidor depende de la tarjeta PDH, esto es, si las placas PDH ocupan la ranura 12, entonces la N1D12S debe colocarse en las 14 y 15. Y si la PDH se ubica en la ranura 13, entonces debe ocupar las ranuras 16 y 17. Ya que al momento la N1PQ1B está insertada en la ranura 13, la N1D12S se ha colocado en la ranura 16 de cada uno de los equipos.

Las 4 interfaces que posee esta tarjeta son del tipo DB44 como se representa en la Figura 4.16 y cada una permite el acceso a 8 señales E1/T1.

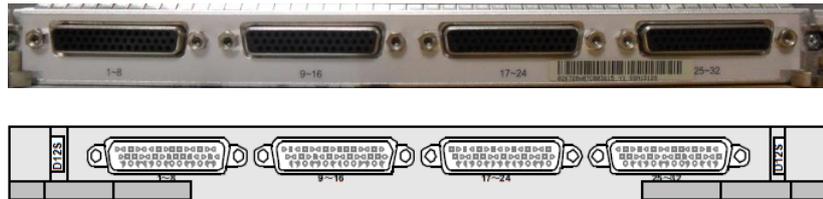


Figura 4.16 Vista frontal de la tarjeta N1D12S [13].

El máximo consumo de potencia es 9W a 25°C.

4.2.5. TARJETAS CROSS-CONECTORAS Y SCC

Las cross-conectoras son las tarjetas centrales de los equipos. En ellas, el operador a través del sistema de gestión, realiza interconexiones semipermanentes entre diferentes canales del equipo. Esto permite que el tráfico sea enviado a nivel del contenedor virtual. De esta manera, si el operador necesitara cambiar los circuitos de tráfico en la red, el encaminamiento puede conseguirse cambiando las conexiones. Las tarjetas del tipo SCC tienen como función la administración del sistema de control y comunicación.

Tarjeta cross-conectora Q2CLX1

En esta placa están integradas cuatro áreas: unidad de procesamiento SDH, unidad SCC, unidad de cross-conexión y la unidad de tiempo o reloj. Las funciones de cada área se recogen en la Tabla 4.12, Tabla 4.13, Tabla 4.14 y Tabla 4.15 respectivamente.

A diferencia de la versión Q3CLX1, esta tarjeta no soporta la transmisión de la información DCC en los dos canales de reloj externo ni la transmisión transparente de los mismos bytes en el grupo TPS, no es compatible con el paquete de software con la función de carga y no admite la tarjeta CF.

Función y Características	Descripción
Función básica	Transmite y recibe una señal óptica de nivel STM-1.
Especificación de la interfaz óptica	Soporta los tipos de estándares de interfaces I-1, S-1.1, L-1.1, L-1.2 y Ve-1.2.
Especificación del módulo óptico	Soporta detección y consulta de la información en el módulo óptico. La interfaz óptica soporta la función de configuración del estado de encendido/apagado del láser y la función ALS.
Procesamiento de servicio	Soporta procesamiento de servicios VC-12, VC-3 y VC-4.
Procesamiento de cabecera.	Soporta el procesamiento de los bytes SOH de las señales STM-1, la transmisión transparente y terminación de los bytes POH, la configuración y consulta de los bytes J0, J1 y C2.
Alarma y eventos de rendimiento.	Provee abundantes alarmas y eventos de rendimientos para fácil administración y mantenimiento de los equipos.
Esquema de protección	Permite la configuración de las protecciones de anillo

	MSP de 2-fibras y MSP de 4-fibras. Permite la configuración de las protecciones lineales MSP y SNCP.
Características de mantenimiento	<p>Soporta inloop y outloop en las interfaces ópticas para rápida localización de las fallas.</p> <p>Soporta reinicio en caliente sin afectar los servicios y también soporta reinicio en frío.</p> <p>Soporta la función de consulta de la información de fabricación de la tarjeta.</p> <p>Soporta que se realice carga de información en la FPGA mientras ésta se encuentra en operación.</p> <p>Soporta la actualización del software de la tarjeta sin afectación del servicio.</p>

Tabla 4.12 Funciones de la unidad SDH de la Q2CLX1 [13].

Función y Características	Descripción
Función básica	Configura y controla el servicio, el desempeño y recopila información del desempeño de los eventos y de alarmas.
Especificación de la interfaz óptica	<p>Provee una interfaz 10M/100M compatible con NMS Ethernet.</p> <p>Provee la interfaz F&f para administrar la COA, y está presente en la tarjeta de interfaz auxiliar.</p> <p>Provee una interfaz 10M/100M que se usa para la comunicación entre tarjetas.</p> <p>Proporciona una interfaz 10M usada para la comunicación entre la tarjeta SCC operativa y la de espera.</p> <p>Proporciona una interfaz OAM tipo RS232 presente en la tarjeta de interfaz auxiliar para conectar hacia la PC o estación de trabajo. Soporta administración remota usando el modem DCE RS232.</p>
Capacidad de procesamiento DCC	Procesa 40 canales DCC.
Gestión de alarma de ventilación	Administra la alarma de ventilación
Gestión de PIU	Permite la función de verificación de servicio y de fallas de la tarjeta PIU.
Esquema de protección	Soporta el respaldo en "caliente" 1+1 para la unidad SCC.

Tabla 4.13 Funciones de la unidad SCC de la Q2CLX1 [13].

Función y Características	Descripción
Función básica	Completa 20 Gbit/s de cross-conexión máxima sin bloqueo en el nivel VC-4, y 20 Gbit/s de cross-conexión máxima sin bloqueo en el nivel VC-12 Y VC-3.

Canal de emergencia rápida	Provee dos canales de emergencia rápida 4M HDLC usados para la protección MSP y SNCP.
Procesamiento de servicio	Servicios dinámicos grooms. Añade o elimina servicios sin interrumpir los servicios. Soporta protección SNCP en los niveles VC-3 y VC-12.
Esquema de protección	Soporta el respaldo en "caliente" 1+1 (no reversible) para la unidad cross-conectora.

Tabla 4.14 Funciones de la unidad cross-conectora de la Q2CLX1 [13].

Función y Características	Descripción
Función básica	Provee un sistema de sincronización de reloj estándar.
Otras funciones	Soporta la extracción, inserción y la gestión de la SSM y la identificación del reloj.
Entrada y salida	Entrada: Dos canales de señales de 2048 kHz o 2048 kbit/s, y selección de fuente de sincronización externa. Salida: Dos canales de señales de 2048 kHz o 2048 kbit/s.

Tabla 4.15 Funciones de la unidad de reloj de la Q2CLX1 [13].

Las ranuras disponibles son la 4 y 5. Se dispone de seis tarjetas CLX1 ubicadas en ambas ranuras de cada uno de los equipos. Su apariencia física se muestra en la Figura 4.17. De manera lógica se divide en tres tarjetas: Q1SL1 (ranura lógica 4 y 5), ECXL (ranura lógica 80 y 81) y GSCC (ranura lógica 82 y 83). Ver Figura 4.7.

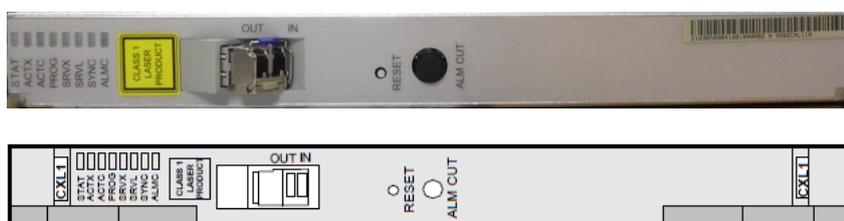


Figura 4.17 Vista frontal de la tarjeta Q2CLX1 [13].

Esta tarjeta tiene dos interfaces que son del tipo S-1.1(LC) y cuyas características técnicas se resumen en la Tabla 4.16. Para determinar esta información del fabricante se observó el código de barra de la tarjeta obteniendo el valor SSQ2CLX1 **10**.

Característica	Especificación
Velocidad de bit nominal	155520 kbit/s
Código de línea	NRZ
Tipo de interfaz óptica	S-1.1
Longitud de onda de trabajo (nm)	1261–1360
Interfaz óptica fuente	MLM
Potencia óptica emitida (dBm)	–15 hasta –8
Sensibilidad del receptor (dBm)	–28
Potencia óptica de sobrecarga (dBm)	–8
MIN. Cociente de extinción	8.2

Tabla 4.16 Especificaciones de la interfaz óptica de la Q2CLX1 [13].

Las interfaces usan láser de clase 1 con una emisión de potencia máxima menor a 10 dBm (10 mW). A temperatura ambiente la tarjeta consume máximo 40 W.

4.2.6. TARJETAS AUXILIARES

Estas placas reciben el nombre de auxiliares puesto que brindan funciones “extras” a los OSN. Unas proveen interfaces para colocar el teléfono orderwire, gestionar la difusión de datos, permitir la conexión al servidor que mantiene el sistema

de gestión T2000, conectar un reloj externo, etc. En este grupo de tarjetas también se encuentra aquella encargada de la ventilación de los equipos.

Tarjeta auxiliar de teléfono Orderwire R1EOW:

La R1EOW es una tarjeta que tiene como función insertar, extraer y procesar los bytes E1 y E2 de la cabecera mediante la interfaz nombrada “phone”, que permite la conexión de un denominado teléfono orderwire, para brindar comunicación telefónica entre dos o más equipos remotos. Además procesa otros bytes de datos por medio de las 4 interfaces seriales de que dispone. Otras funciones se describen en la Tabla 4.17.

Función y Características	Descripción
Interfaz auxiliar	Provee 4 interfaces de difusión de datos (Serial 1-4).
Interfaz orderwire	Provee una interfaz orderwire.
Procesamiento de cabecera	Procesa los bytes E1, E2 y los bytes seriales 1-4.

Tabla 4.17 Funciones y características de la R1EOW.

La única ranura válida para colocar esta placa es la número 9 donde actualmente permanece en cada uno de los equipos. En dimensiones, su ancho es de la mitad de una ranura. Cuenta con interfaces para cable telefónico y datos. Ver Figura 4.18.

- 1 interfaz para teléfono orderwire de tipo RJ-11.

- 4 interfaces de difusión de datos (S1, S2, S3 y S4) de tipo RJ-45.

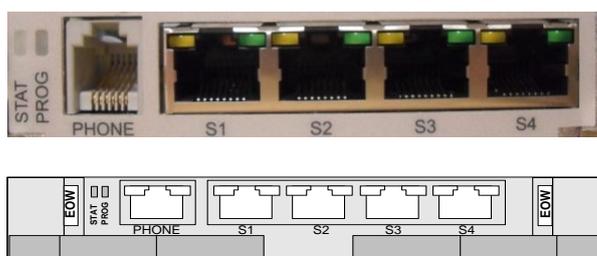


Figura 4.18 Vista frontal de la tarjeta R1EOW [13].

La máxima potencia de consumo a temperatura ambiente (25°C) es 10 W.

Tarjeta auxiliar R1AUX:

Tiene como función proporcionar interfaces de administración y ser el respaldo central de la fuente de poder de +3.3 V para las tarjetas del sub armario. Otras funciones se recopilan en la Tabla 4.18.

Función y Características	Descripción
Interfaz de administración	Provee la interfaz OAM/F&f que soporta el protocolo X.25. Provee la interfaz ETH NMS.
Interfaz de reloj	Provee dos entradas y dos salidas de reloj BITS (120 ohm)
Interfaz de alarma	Proporciona tres interfaces de alarmas de entrada y una de salida.
Interfaz de "Commissioning"	Proporciona una interfaz COM.
Comunicación interna	Realiza la comunicación interna entre tarjetas en el sub armario.
Respaldo y verificación de la fuente de poder	Monitorea las dos fuentes de poder independientes de -48 V, y verifica el sobre voltaje (-72 V) y voltaje bajo (-38.4 V).

	Proporciona el respaldo central de la fuente de poder de +3.3 V para las tarjetas en el sub bastidor, que es la protección 1:N para la segunda fuente de poder en cada tarjeta. La potencia de la fuente es de 80 W. Controla el sobre voltaje (3.8 V) y voltaje bajo (3.1 V) en la salida de la fuente de respaldo de +3.3 V.
Alarma audible	Soporta la alarma sonora y también permite apagarla.

Tabla 4.18 Funciones y características de la R1AUX.

Esta tarjeta ocupa la ranura 10 en el equipo. Posee cinco interfaces de tipo RJ-45 como se muestra en la Figura 4.19.

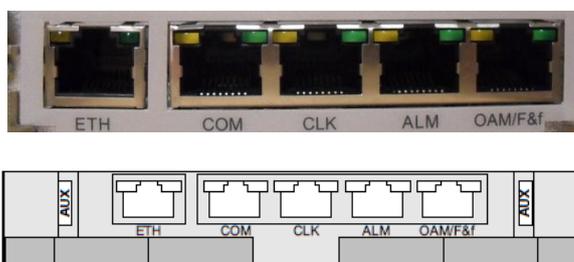


Figura 4.19 Vista frontal de la tarjeta R1AUX [13].

La potencia de consumo máxima a 25°C es 19 W.

4.3. CABLES Y CONECTORES

Una señal consiste en una serie de patrones eléctricos u ópticos que se transportan en los medios como pulsos de voltaje o pulsos luminosos respectivamente representando bits digitales. Estos patrones se transmiten de un dispositivo conectado a otro. Las

señales, al llegar a su destino, se vuelven a convertir en bits digitales [14].

El envío y recepción de las señales es posible a través de medios físicos como cobre, fibra y aire, y se ha popularizado estándares que especifican los cables, conectores y tipos de señalización que se debe usar según las características de los dispositivos que se pretenda comunicar.

En esta sección sólo se describe los medios físicos que corresponden a los cables y conectores que se utilizan en la transmisión de señales eléctricas y ópticas entre, desde o hacia los Optix OSN 1500B.

4.3.1. CABLES DE FIBRA ÓPTICA

“El cable de fibra óptica es un medio de comunicación que utiliza luz modulada para transmitir datos a través de fibras de vidrio delgadas” [14]. Para la representación de los bits de datos se utilizan haces de luz. Aunque se requiere electricidad para generar e interpretar las señales de fibra óptica en los

dispositivos finales, el cable en sí no tiene electricidad como es el caso de los cables de cobre [14].

Los cables de fibra óptica proporcionan ciertas ventajas frente a otros medios de transmisión física como el cobre, de los que se puede mencionar: Los altos valores de ancho de banda que se pueden obtener, su inmunidad a la interferencia electromagnética, no tiene propiedades conductivas, y se alcanzan largas distancias de cobertura. Estos motivos hacen que sean utilizados principalmente en el tendido de las redes de backbone e incluso, hoy en día, llegan a usuarios de tipo masivo.

Cada circuito de fibra óptica que se utiliza para conectar redes está formado por dos fibras de vidrio, pues se utiliza una hebra de fibra para transmitir y otra para recibir [14]. Ver Figura 4.20.



Figura 4.20 Transmisión (Tx) – Recepción (Rx) [14].

Puesto que los OSN 1500B son equipos de transmisión orientados al transporte de redes MAN, su interconexión se realiza a través de cables de fibra, en este caso, por medio de las tarjetas N1SLD4. Adicionalmente, entre los servicios que pueden prestar, se encuentra el acceso de señales Gigabit Ethernet por medio de las tarjetas N1EGT2, y el acceso a señales de nivel STM-1 a través de las tarjetas CLX1 y R1SL1. Todas las placas mencionadas, de acuerdo a las especificaciones técnicas revisadas en el sub capítulo 4.2 poseen interfaces que admiten módulos SFP de fibra óptica en su panel frontal, y ya que se necesitan dos hilos para la comunicación, éstas siempre están agrupadas en pareja y sus puertos se denominan entrada y salida.

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación. Según el modo de propagación se tiene dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo.

Fibra óptica monomodo:

En las fibras ópticas monomodo sólo se propaga un rayo (modo) de luz para transmitir la señal. Usualmente se utiliza

en el cableado de backbone ya que es capaz de ofrecer mayor ancho de banda y se pueden abarcar grandes distancias. Como fuente de luz utiliza el láser, (Amplificación de luz por radiación mediante emisión estimulada) que produce un haz de luz mucho más fuerte que la emitida por un LED.

El núcleo de la fibra tiene un diámetro más reducido, la recomendación ITU-T G.652, que describe las características de los medios de transmisión para los sistemas y redes de transmisión digital, especifica que debe estar en el rango de 8,6 a 9.5 μm a una longitud de onda en el orden de 1310 a 1550 nm [15]. Por lo regular, cuando el cable de fibra es de un hilo, la funda o cobertura más externa es de color amarillo, pero el material del cual esté hecha depende del ambiente en que se vaya a ubicar el cable. Esto se representa en la Figura 4.21.

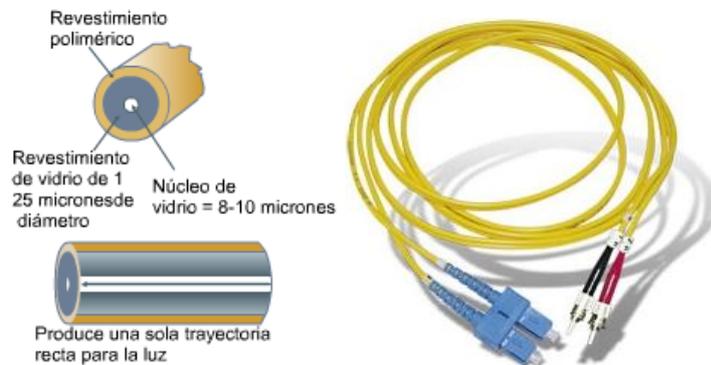


Figura 4.21 Fibra óptica Monomodo.

Fibra óptica multimodo:

En las fibras ópticas multimodo se propagan varios rayos de luz. El número de modos puede ser superior a mil. La fuente de luz es LED, que emite a una potencia mucho menor que el láser por lo que se usa principalmente en enlaces de corta distancia de unidades de kilómetros (hasta 2km).

El diámetro del núcleo varía entre 50 a 100 μm , siendo 50 μm el valor recomendado por la ITU-T con una longitud de onda entre 850 y 1300 nm en el estándar G.651.1. En apariencia externa su revestimiento es generalmente color naranja cuando el cable de fibra es de un hilo. Esto se representa en la Figura 4.22.



Figura 4.22 Fibra óptica Multimodo.

En el sub capítulo 5.4 se realiza la habilitación de un servicio Gigabit Ethernet. En esta implementación se utiliza fibra multimodo pues los módulos SFP tanto de las tarjetas N1EGT2 de los OSN como los de los enrutadores HUAWEI Quidway AR 28-30 emiten una longitud de onda en el rango multimodal.

4.3.2. CABLES DE COBRE

El cobre es el medio más común para los cables de señales. Los cables fabricados con este material en realidad son el resultado de un conjunto de finos alambres donde cada uno cumple una función específica como enviar la señal de sincronización, transmitir/receptar la información propiamente dicha, proveer el aterrizaje a tierra, entre otras que se definen según los llamados estándares.

Esta sub sección se orienta a la descripción de los cables de administración de los teléfonos orderwire y cables de señal (para el acceso de señales E1, E3, Ethernet) que se utilizan en las prácticas del capítulo 5.

Cable de señal 120 ohm x 8 E1:

Es un cable constituido por varios alambres que se utiliza para transportar 8 señales E1 a la vez. Ver Figura 4.23. Uno de los conectores de sus extremos es de tipo DB44 y el otro extremo se conecta al panel DDF de acuerdo a los requerimientos de cada sitio. En nuestro caso, estos cables se encuentran conectado a las primeras interfaces de las tarjetas N1D12S y los otros extremos fueron adaptados para ser compatibles con los conectores RJ-48 y poder tener enlace con las tarjetas de los enrutadores HUAWEI Quidway AR 28-30 que tienen sólo un puerto para una señal E1.

En la Figura 4.24 se muestra el panel de conexión de los 4 primeros E1 de los cables y su relación con los OSN.

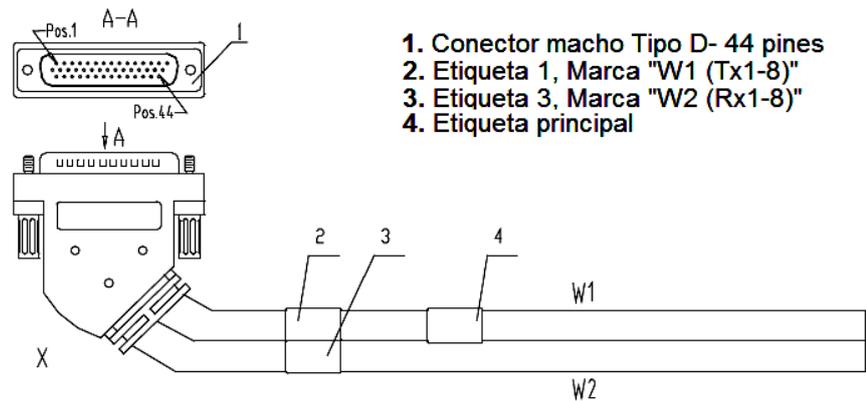


Figura 4.23 Cable de señal 120 ohm x 8 E1 [13].



Figura 4.24 Panel de conexión.

En apariencia, los conectores y jacks RJ-48 son iguales a los RJ-45 ya que hay cuatro pares de pines, sin embargo los esquemas de cableado para el RJ-48 y el RJ-45 son diferentes. Los pines a utilizar en el RJ-48 deben verificarse en la Tabla 4.20 y la asignación de pines con respecto al conector DB44 se muestra en la Tabla 4.21 que se describe en la sub sección 4.3.4.

Cable de señal E3/T3/STM-1:

Es un cable coaxial construido para el envío de señales de nivel E3, T3 y STM-1. En sus extremos pueden tener conectores tipo SMB macho o BNC macho. Como se ha explicado en la sub sección 4.3.1, la tarjeta N1PL3A utiliza conectores SMB hembra. También la serie de enrutadores HUAWEI Quidway AR 28-30 tienen un módulo que admite el procesamiento de señales E3 dando el acceso a través del igual tipo de conectores. Por lo tanto se escogió este cable para la conexión de los mismos. Ver Figura 4.25. Fue posible además utilizar dos cables con conectores SMB macho-BNC macho uniéndolos a partir de un adaptador BNC hembra-BNC hembra.

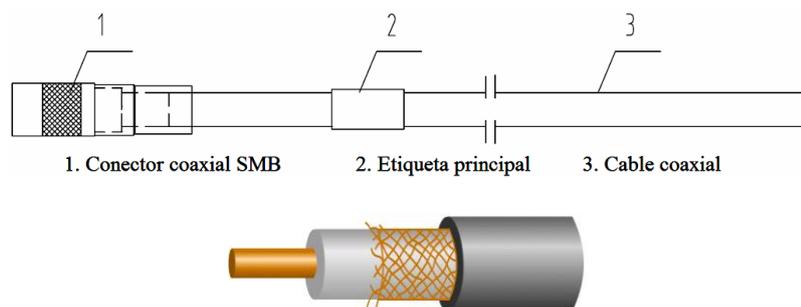
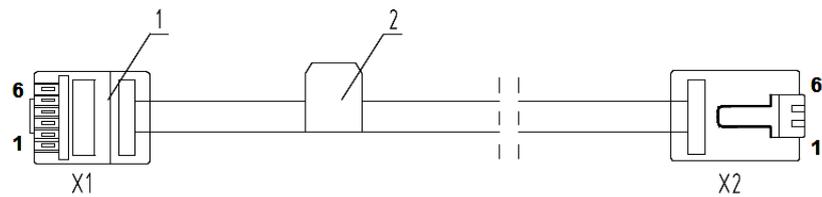


Figura 4.25 Cable de señal E3/T3/STM-1 [13].

Cable ordinario de teléfono:

El cable de teléfono se usa para la comunicación orderwire. En ambos extremos tiene un conector RJ-11. Ver Figura 4.26. Un extremo se encuentra conectado a la interfaz llamada “phone” en la tarjeta EOW y el otro en el puerto del teléfono.



1. Conector de cristal para teléfono tipo RJ-11 2. Etiqueta principal

Figura 4.26 Cable ordinario de teléfono [13].

4.3.3. CONECTORES, ADAPTADORES Y ATENUADORES PARA CABLE DE FIBRA ÓPTICA

CONECTORES ÓPTICOS:

Un conector es un dispositivo pasivo necesario para establecer un enlace óptico. Su función es permitir el alineamiento y unión temporal de dos o más fibras entre sí o para conectar un cable hacia los puertos de las tarjetas o hacia un acoplador. Se distinguen por su apariencia externa. En el laboratorio se cuenta con conectores para cables de fibra tipo FC y LC.

Conector FC

Es un conector de inserción directa que suele ser utilizado en conmutadores Ethernet de tipo Gigabit y redes LAN como en redes de transporte: televisión por cable, operadoras de telefonías, etc. Los fibras conectadas a las tarjetas con puertos ópticos en los equipo tienen, en el otro extremo, este tipo de conectores. Su apariencia externa se muestra en la Figura 4.27.



Figura 4.27 Conector FC macho.

Conector LC

Los conectores para fibra óptica de tipo LC se utilizan para conexiones cruzadas o interconectadas de equipos en aplicaciones backbone, horizontales y áreas de trabajo para transmisiones de datos a alta velocidad. Todos los puertos ópticos de las tarjetas disponibles en los OSN y de los módulos de los enrutadores HUAWEI Quidway AR 28-30

admiten conectores tipo LC. Su apariencia externa se muestra en la Figura 4.28.



Figura 4.28 Conector LC macho.

MÓDULOS ÓPTICOS SFP:

Los módulos SFP que se muestran en la Figura 4.29 son de dos tipos y se pueden identificar por el código de barra impreso en su estructura.

1000BASE-SX: Fibra multimodo de 850nm con un alcance de 500 metros.

1000BASE-LX: Fibra monomodo de 1310nm con un alcance de 10km.

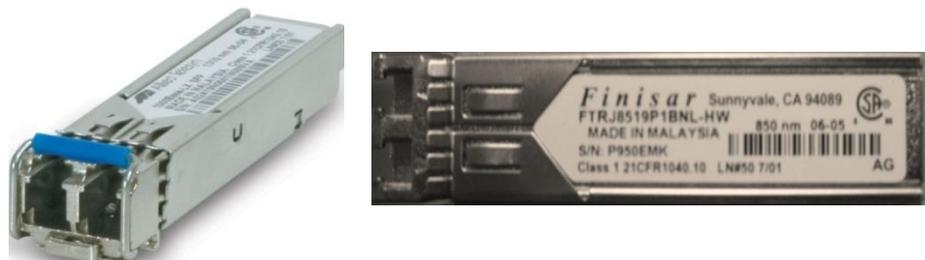


Figura 4.29 Módulo SFP para conectores LC.

ADAPTADORES ÓPTICOS:

El adaptador o acoplador es un dispositivo mecánico que hace posible el correcto enfrentamiento de dos conectores de idéntico o distinto tipo. En el laboratorio se cuenta con adaptadores FC hembra-FC hembra. Ver Figura 4.30.



Figura 4.30 Adaptador FC-FC.

ATENUADORES ÓPTICOS:

Un atenuador óptico es un dispositivo que sirve para reducir el nivel de potencia de una señal óptica, ya sea en el espacio o en un cable de fibra óptica. Los tipos básicos de atenuadores ópticos son fijos, variables paso a paso, y variable continua. El valor de atenuación es en dB. En el laboratorio se tiene atenuadores tipo LC de 5dB y tipo FC de 5dB. Su aspecto se observa en las imágenes Figura 4.31 y Figura 4.32.



Figura 4.31 Atenuadores tipo LC de 5dB



Figura 4.32 Atenuadores tipo FC de 5dB.

4.3.4. CONECTORES Y ADAPTADORES PARA CABLES DE COBRE

CONECTORES:

Conector SMB

Es un conector apto para cables coaxiales. Ver Figura 4.33.

Se utiliza para transportar señales de hasta 4 GHz El conector hembra se encuentra en las tarjetas PL3A y el conector macho en un extremo de los cables de señal E3/T3/STM-1.



Figura 4.33 Conector coaxial tipo SMB macho.

Conector BNC

Conocido también, por sus siglas, como conector de Bayoneta Neill-Concelman. Pertenece a la familia de los conectores de cables coaxiales. Este conector tiene un pin central que hace contacto con el conductor del cable central y un tubo de metal que hace contacto al blindaje del cable externo. Un anillo giratorio exterior del tubo bloquea el cable al conector hembra. Ver imagen Figura 4.34. Se utiliza para transportar señales de hasta 4 GHz El conector macho se puede hallar en un extremo de los cables de señal E3/T3/STM-1.

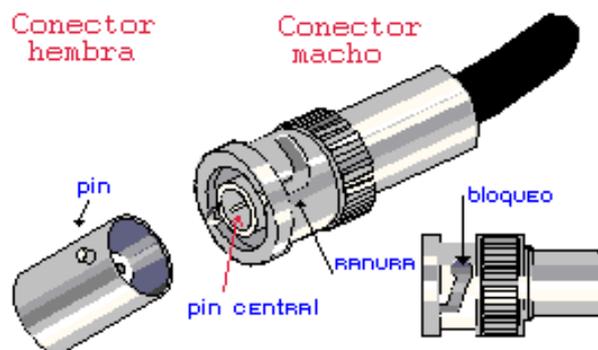


Figura 4.34 Conector coaxial tipo BNC.

Conector del estándar RJ-11

Es el conector utilizado en el cableado telefónico. Tanto el enchufe como el conector común tienen 6 pines. Ver Figura 4.35. El pin 3 se utiliza para "TIP" y el pin 4 para "RING". El enchufe está en la tarjeta R1EOW y en el puerto del teléfono

orderwire y el conector está en ambos extremos del cable de teléfono.

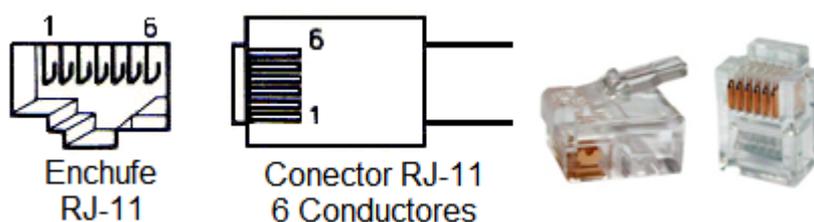


Figura 4.35 Conector RJ-11.

Conector del estándar RJ-45

Es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado, (categorías 4, 5, 5e, 6 y 6a). Posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como en de cables de par trenzado UTP. Ver imagen Figura 4.36.

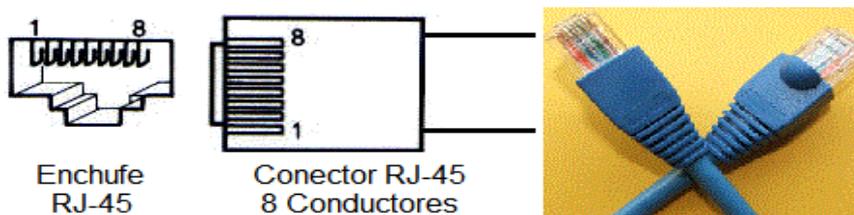


Figura 4.36 Conector RJ-45.

Se utilizan dos diferentes disposiciones de cables en los pines del conector definidos como estándares T568A y T568B. Ver

Figura 4.19. Este conector se usa en todas las interfaces Fast Ethernet.

Pin	Señal	T568A	T568B
1	Tx+	 Verde/Blanco	 Naranja
2	Tx-	 Verde	 Naranja/Blanco
3	Rx+	 Naranja/Blanco	 Verde/Blanco
4	BDD+	 Azul	 Azul
5	BDD-	 Azul/Blanco	 Azul/Blanco
6	Rx-	 Naranja	 Verde
7	BDD+	 Café/Blanco	 Café/Blanco
8	BDD-	 Café	 Café

Tabla 4.19 Estándares T568A y T568B.

Conector del estándar RJ-48

Es usado en cables de par trenzado STP destinados a conexiones T1 e ISDN (por ejemplo el acceso E1) en redes de área local y ciertos servicios digitales. El conector RJ-48 puede parecer muy similar a un conector RJ-45, sin embargo se diferencian en los pines que se utilizan, estos son el 1, 2, 4 y 5. Ver Tabla 4.20. Existen además las variaciones RJ-48C, RJ-48X y RJ-48S. Este estándar se encuentra en los extremos de los cables de señal 120 ohm x 8 E1 (conector macho) que van conectados hacia el panel de conexiones (conector hembra).

Pin	Par	Señal	Color
1	R	RX Ring	Naranja
2	T	RX Tip	Naranja/Blanco
3		Reservado	Verde/Blanco
4	R1	TX Ring	Azul
5	T1	TX Tip	Azul/Blanco
6		Reservado	Verde
7		Blindado	Café/Blanco
8		Blindado	Café

Tabla 4.20 Cableado de los estándares RJ48C y RJ48X.

Conector DB-44

Es un conector que tiene 44 pines. Ver Figura 4.37. Se utiliza en extremos de cables destinados a transportar señales E1/T1. El conector macho se encuentra en un extremo de los cables de señal 120 ohm x 8 E1 y el conector hembra se encuentra en las interfaces de la tarjeta D12S. La relación de los cables con los pines del conector se recoge en la Tabla 4.21.

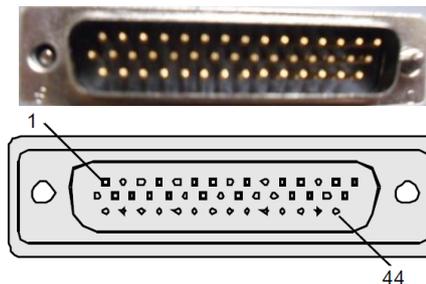


Figura 4.37 Conector hembra DB-44 [13].

Pin	Cable W1		Uso	Pin	Cable W2		Uso
	Núcleo	No.			Núcleo	No.	

15	Azul	Par trenzado	Tx1	38	Azul	Par trenzado	Rx1
30	Blanco			23	Blanco		
14	Naranja	Par trenzado	Tx2	37	Naranja	Par trenzado	Rx2
29	Blanco			22	Blanco		
13	Verde	Par trenzado	Tx3	36	Verde	Par trenzado	Rx3
28	Blanco			21	Blanco		
12	Café	Par trenzado	Tx4	35	Café	Par trenzado	Rx4
27	Blanco			20	Blanco		
11	Gris	Par trenzado	Tx5	34	Gris	Par trenzado	Rx5
26	Blanco			19	Blanco		
10	Azul	Par trenzado	Tx6	33	Azul	Par trenzado	Rx6
25	Rojo			18	Rojo		
9	Naranja	Par trenzado	Tx7	32	Naranja	Par trenzado	Rx7
24	Rojo			17	Rojo		
8	Verde	Par trenzado	Tx8	31	Verde	Par trenzado	Rx8
7	Rojo			16	Rojo		

Tabla 4.21 Asignación de pines del cables 120 ohm x 8 E1 hacia el conector DB-44 [13].

ADAPTADORES:

Tienen el mismo uso que los adaptadores ópticos, hacen posible el correcto enfrentamiento de dos conectores de idéntico o distinto tipo. Fue necesario utilizar adaptadores en BNC hembra- BNC hembra para conectar dos cables que transportan señales E3 con terminación BNC macho debido a que no se contaba con los suficientes cables con terminación SMB macho. Se utilizó un adaptador hembra-hembra que estaba disponible en la caja de conectores del laboratorio. Ver Figura 4.38.



Figura 4.38 Adaptador coaxial.

CAPÍTULO 5

5. PRÁCTICAS DE CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS OPTIX OSN 1500B

Este último capítulo está orientado a describir todas las prácticas elaboradas a partir del uso de los equipos Optix OSN 1500 dentro del laboratorio para la realización de este proyecto.

Se detallará la estructura empleada en cada práctica así como los mecanismos que se usaron para la implementación de las mismas, todo con el objetivo de facilitar su futuro análisis y repetición.

En cada uno de los casos expuestos a continuación, el procedimiento se detalla en el Anexo A de este documento. Cuando se haga referencia a los equipos OSN 1500B en las diferentes sub secciones denominadas “Equipos y Accesorios” se debe considerar incluidas las tarjetas básicas

para su funcionamiento, gestión e implementación de la topología anillo, estas son: Q1CLX1, PIU, FAN, R1AUX y N1SLD4.

5.1. DESCRIPCIÓN OPTIX 1500B, CREACIÓN Y CARGA DE LA CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LOS OSN.

5.1.1. OBJETIVOS

- Identificar los equipos SDH.
- Familiarizarse con el Optix 1500 y su programa de gestión.
- Saber identificar las tarjetas en el equipo.
- Conocer los principales indicadores y sus funcionamientos.
- Crear NEs y GNEs.
- Crear un sub armario y tarjetas.
- Crear una topología de sub red.

5.1.2. EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cable de red directo.

5.1.3.INTRODUCCIÓN

SDH es una alternativa de evolución de las redes de transporte, que nace debido al acelerado crecimiento de las actuales redes de transmisión, demanda de nuevos servicios y aparición de nuevos operadores de red. SDH satisface las exigencias de flexibilidad y calidad que requiere un mercado que está continuamente en cambio. SDH define la transmisión de información asíncrona y síncrona (datos sensibles al tiempo como video en tiempo real).

Una red SDH consiste en NEs interconectados con fibra óptica. La geometría del diseño de NEs y la transmisión de las líneas es llamada topología de red. La eficiencia, fiabilidad y el costo-eficacia de la red depende altamente de esta topología.

T2000 es un Sistema de Gestión de Redes Ópticas SDH y DWDM. Propietario de Huawei en Windows y Solaris, ofrece la gestión de la Red de Transmisión SDH, montada con equipos Huawei, actualmente en ETB. IManager T2000 (T2000 para abreviar) proporciona una capa de soluciones para redes de transmisión de pequeñas y medianas empresas. Puede formar

varias capas de gestión, con un nivel mayor y eficaz de gestión de redes (NMS) a través de un estándar de interfaz externa, para ayudar y facilitar a los nuevos Estados o capas de gestión de alto nivel, el control, monitoreo y OAM de grandes redes de transmisión.

El T2000 gestiona sistemas de transmisión como SDH, WDM, MSTP, ASON, SONET de manera unificada. El iManager T2000 proporciona todas las funcionalidades de la gestión de redes (gestión de fallos, gestión de la configuración, gestión de la comunicación, gestión del rendimiento, gestión de seguridad, gestión de la topología de la red).

5.1.4.RECOMENDACIONES

Durante la elaboración de esta práctica es recomendable identificar con claridad los principales elementos que componen el equipo Optix OSN 1500B para la correcta manipulación de los mismos durante todo el desarrollo de la serie de prácticas que componen este manual.

Es necesario que todos los procesos del programa “T2000 Server” se encuentren en el estado de ejecución antes de proceder con inicio del programa “T2000 Client”. Es recomendable encenderlos manualmente por medio de la opción **Start server**.

5.1.5.CONCLUSIONES

El Optix 1500B es un equipo que no es usualmente usado dentro de la capa de núcleo de la red para las compañías de Telecomunicaciones ya que no maneja gran cantidad de información debido a su estructura física que dispone de una cantidad menor de ranuras para la colocación de tarjetas en comparación con otros equipos del mismo fabricante de la serie OSN. Adicionalmente la capacidad de servicios que se pueden crear en las tarjetas es limitada de acuerdo a las características técnicas descritas en el capítulo 4.

De la observación de los equipos durante la práctica se pudo verificar cada una de las áreas en que se encuentran divididos los OSN así como las diferentes ranuras en las que se encuentran asignadas las correspondientes tarjetas de

procesamiento SDH, tarjetas de procesamiento PDH, tarjetas de procesamiento de datos y tarjetas auxiliares.

T2000 es un Sistema de Gestión de Redes Ópticas propietario de Huawei que realiza funciones de gestión de alto nivel, además de las monitoreo y control para redes de transmisión.

Las sub redes que se crean en el software de administración sólo son con fines de un mejor manejo de la red a través de un arreglo topológico.

5.2. CONFIGURACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA SEÑAL DE RELOJ.

5.2.1. OBJETIVOS

- Conocer los conceptos básicos sobre sincronización de redes digitales.
- Diferenciar los modos de sincronización en redes digitales.
- Comprender los modos de operación de un NE esclavo y sus características.

- Conocer las fuentes de reloj que se pueden utilizar para obtener el reloj de referencia.
- Comprender el mecanismo de protección de reloj a través de la función del byte S1 con los códigos ID de reloj y SSM.
- Configurar la lista de prioridad de la fuente de reloj del sistema.
- Configurar la sub red del reloj.
- Configurar parámetros de restauración para una fuente de reloj.
- Configurar una fuente de reloj externa.

5.2.2.EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cable de red directo.
- Cables de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).

5.2.3. INTRODUCCIÓN

TEMPORIZACIÓN Y SINCRONIZACIÓN

En una red digital, la sincronización de red es el primer problema a resolver. La sincronización regula las frecuencias de reloj y las fases de todos los nodos de la red dentro de un rango de error de tolerancia preestablecido, a fin de evitar el deterioro del rendimiento de la transmisión (códigos de error y jitter).

MODOS DE SINCRONIZACIÓN EN REDES DIGITALES

La sincronización se puede realizar de dos maneras:

Seudo-síncrono: En este modo, todos los intercambios digitales en la red tienen relojes independientes que no están relacionados entre sí pero poseen una alta precisión y estabilidad. Generalmente son osciladores tipo cesio (atómico). Dado que los relojes son altamente precisos, el error es tan pequeño que son casi síncronos por lo que reciben el nombre seudo síncrono. Ver Figura 5.1.

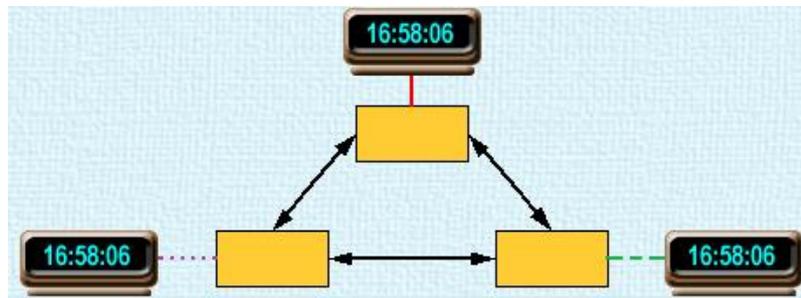


Figura 5.1 Modo de sincronización seudo síncrono.

Síncrono Maestro/Esclavo: Este sistema tiene en su red un equipo generador de reloj con una alta precisión al cual todos los demás relojes están enganchados ya que lo usan como su referencia de tiempo. La sincronización se logra transmitiendo la señal de temporización desde un reloj hacia el siguiente reloj [16]. Ver Figura 5.2.

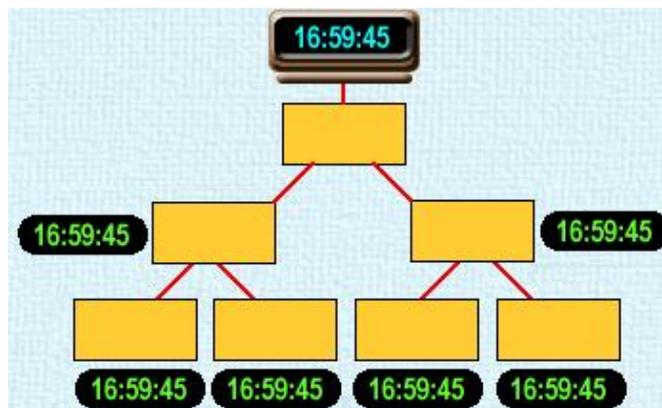


Figura 5.2 Modo de sincronización Maestro/Esclavo.

MODOS DE OPERACIÓN DE EQUIPOS ESCLAVOS EN REDES CON SINCRONIZACIÓN MAESTRO/ESCLAVO.

Los equipos que son esclavos normalmente pueden tener tres modos de trabajo: Enganchado, Retenido y Oscilación Libre. Ver Figura 5.3.

Locked o enganchado: El reloj de referencia rastreado y enganchado en la estación esclava es el que ha sido enviado desde una estación superior que podría ser el maestro, o por la fuente de reloj incorporada de un NE de nivel superior o de un reloj GPS en el área. Esta condición de operación tiene la más alta precisión y es el modo de trabajo normal y esperado de un reloj esclavo.

Holdover o retenido: Condición de operación que se produce cuando se pierde la recepción de la señal del reloj de referencia. El equipo utiliza la última información de frecuencia recibida como referencia y así proporciona una señal de reloj bastante consistente con la original. Sin embargo, este modo de trabajo no puede proveer una alta precisión por periodos prolongados.

Free running u oscilación libre: Condición de operación que se produce cuando se pierde la recepción de la señal del reloj de referencia y no se tiene la última información de frecuencia guardada o el equipo ha permanecido en modo retenido por un periodo muy largo. Este modo de trabajo tiene la menor precisión de reloj y no se debe usar a menos que sea absolutamente necesario.



Figura 5.3 Modos de operación de equipos esclavo.

SINCRONIZACIÓN EN REDES SDH

Las señales digitales en todos los nodos de una red SDH son controladas por un reloj principal (reloj maestro) denominado reloj primario de referencia, en adelante PRC. Las señales de reloj se alinean entre sí, razón por la cual se denominan síncronas.

NIVELES DE RELOJ ESTANDARIZADOS

La sincronización Maestro/Esclavo usa una jerarquía de relojes estandarizados por la ITU-T en el cual cada nivel de la escala es sincronizado por un nivel superior. Los niveles son:

G.811 PRC: Este es el más alto nivel (Reloj Maestro). Se realiza típicamente por un reloj de alta precisión tipo Cesium o se deduce de un sistema GPS. También se denomina estrato 1 [17].

G.812: Refleja la calidad de un reloj a la salida de un equipo regenerador de señal de sincronismo. Los equipos de este nivel se denominan SSU o SASE, y son dispositivos con relojes internos de alta calidad (rubidio o cuarzo) que funcionan en modo esclavo. Dichos relojes reciben una señal de sincronización de la red, la filtran y la regeneran, aumentando así su calidad. [18]. Hay dos tipos: SSU de tránsito (Reloj de Intercambio de Tránsito, reloj tipo 5) que pueden suministrar la sincronización a otros SSU's y SSU local (Reloj de Intercambio Local, reloj tipo 6) que solamente suministra a los relojes de elementos [17]. Este nivel también se denomina estrato 2 [18].

G.813 SEC (Reloj del equipamiento síncrono): Especifica la calidad de un oscilador de cuarzo incorporado a un equipo síncrono. También se denomina estrato 3 [18].

TIPOS DE FUENTE DE RELOJ EN EQUIPOS SDH.

Cuatro tipos de fuentes de reloj disponibles se pueden utilizar como referencia:

Fuente de reloj externa: El reloj se obtiene de un equipo externo como una fuente BITS y cuya señal se ingresa a través de la interfaz denominada Reloj Externo en la tarjeta auxiliar proporcionada por el bloque funcional SEPTI.

Fuente de reloj de interfaz de línea: La señal de reloj es extraída por el bloque funcional SPI a partir de la señal de línea SMT-N que ingresa. También se conoce como reloj de línea.

Fuente de reloj de interfaz tributaria: También se conoce como reloj tributario. La señal de reloj es extraída por el bloque funcional PPI a partir de la señal tributaria PDH que ingresa. Generalmente no se usa este método, porque se requiere

bastante ajuste de punteros en el límite SDH/PDH que pueden afectar la calidad del reloj.

Fuente de reloj interna: Llamado simplemente reloj interno. Es el reloj local dentro de un equipo síncrono. La señal de reloj la proporciona el bloque funcional SETS.

TOPOLOGÍA O ESTRUCTURAS DE LA SEÑAL DE SINCRONIZACIÓN

Las más importantes estructuras son [17]:

1. Estrella.
2. Estrella jerárquica (árbol) con caminos redundantes.
3. Anillos.
4. Estructuras malladas.

Al realizar la configuración de la estructura se deben tener en cuenta que:

- Los lazos deben ser evitados.
- El enlace de transmisión de reloj debe ser lo más corto posible para poder evitar el deterioro de la señal de reloj.

- Las estaciones esclavas obtendrán su reloj de referencia de un equipo de mayor o igual nivel.
- El reloj activo/en espera se obtendrá de rutas descentralizadas en caso de que la referencia de reloj se pierda.
- El reloj de referencia deberá ser un sistema de transmisión de alta disponibilidad.
- Debe seguir funcionando en al menos un enlace de la estructura de transporte en caso de una interrupción o degradación.

La estructura de reloj anillo, como la que se describe implementada en la Figura 5.4, se usa sobretodo con reloj PRC ajeno y tiene las siguientes características [17]:

- Se adapta a la estructura de anillos implementado para el transporte de Información.
- La creación de lazos de la señal de sincronización se evita con un byte SSM en la SOH.
- El SSM asegura un enrutamiento dinámico incluso la inversión de la señal de sincronización en caso de fallos.

- La gestión de redes de sincronización con estructura anillo es más complicada que las redes con estructura jerárquica.

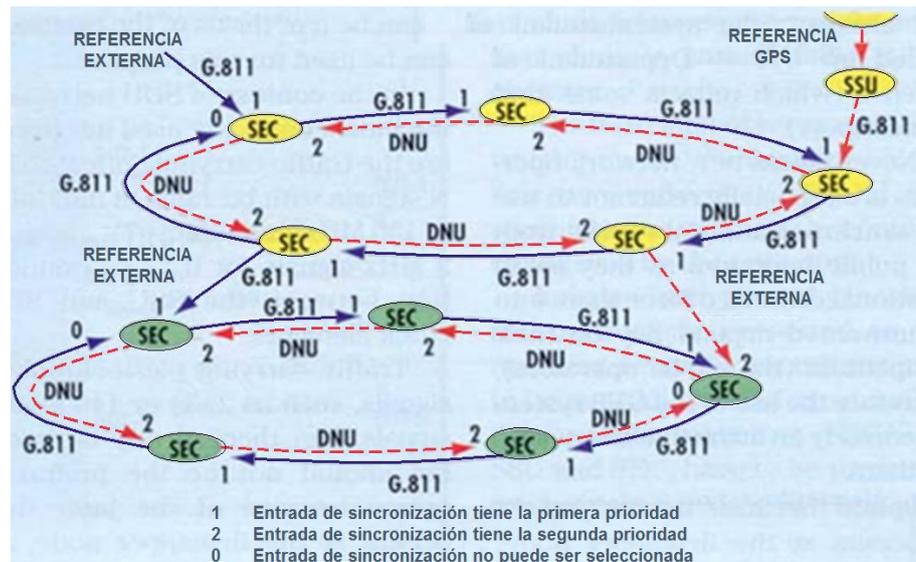


Figura 5.4 Estructura de reloj: Anillo [17].

La estrella jerárquica, que se muestra en la Figura 5.5, con caminos redundantes es más usada sobre todo por operadores de redes públicas y tiene las siguientes características:

- No se pueden crear anillos de la señal de reloj.
- Enrutamiento de la señal de sincronización estática y su inversión no es posible.

- Estructura de la red de sincronización no coincide con la estructura de transporte de la señal de información que forma típicamente anillos.

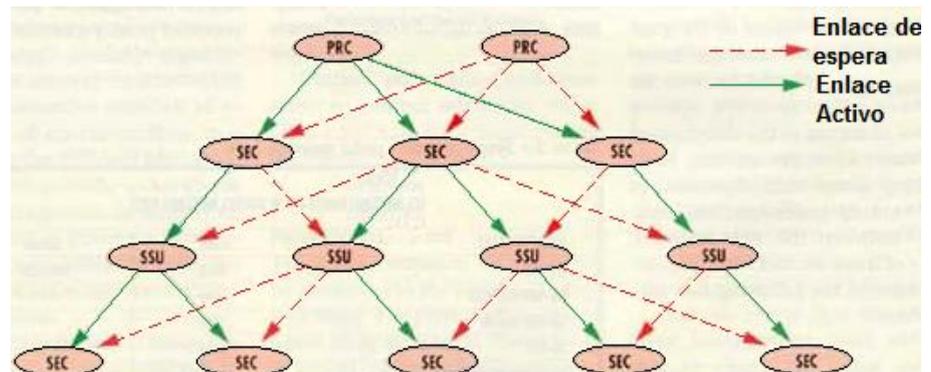


Figura 5.5 Estructura de reloj: Estrella jerárquica con caminos redundantes [17].

BYTE S1: MECANISMO DE MENSAJES DE ESTADO DE SINCRONIZACIÓN (SSM) E ID DE RELOJ.

El byte S1 es definido por la ITU-T y especifica en los bits (b5-b8) una codificación que indica la calidad de la fuente de reloj y que se denomina SSM ya que envía a los equipos el estado de la fuente de sincronización [19]. Esto permite seleccionar la señal de reloj más apropiada en caso de múltiples fuentes y realizar la conmutación de la protección automática del reloj

en caso de falla. Los posibles valores que puede tomar se indican en la Tabla 5.1.

S1 (b5-b8)	S1 Byte	Descripción de la calidad de reloj de sincronización SDH
0000	0x00	Calidad de sincronización desconocida (Sólo para la sincronización de Red existente)
0001	0x01	Reservado
0010	0x02	G.811 Señal de reloj (PRC)
0011	0x03	Reservado
0100	0x04	G.812 SSU de tránsito (Señal de reloj de nodo de tránsito)
0101	0x05	Reservado
0110	0x06	Reservado
0111	0x07	Reservado
1000	0x08	G.812 SSU Local (Señal de reloj de nodo local)
1001	0x09	Reservado
1010	0x0a	Reservado
1011	0x0b	Señal SETS (Señal de reloj de equipo de sincronización)
1100	0x0c	Reservado
1101	0x0d	Reservado
1110	0x0e	Reservado
1111	0x0f	No usar para sincronización (DNU)

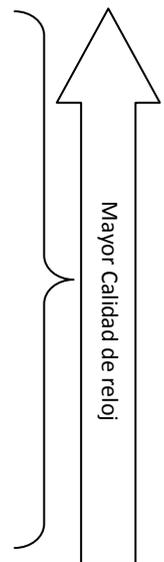


Tabla 5.1 Códigos de información de estado de sincronización. [19].

Los bits (b1-b4) no están definidos por la ITU-T pero Huawei los utiliza para especificar el ID de reloj. Este se utiliza para evitar bucles y puede tomar valores entre 1 y 15 ya que el ID=0 es el valor "void". Cada NE no seleccionará como reloj aquella fuente que tenga el ID=0 o su mismo ID. La

asignación de los bits del byte S1 se representa en la Figura 5.6.

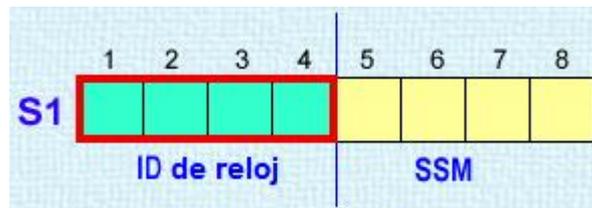


Figura 5.6 S1 Byte

PROTECCIÓN AUTOMÁTICA DE RELOJ Y ELIMINACIÓN DE LAZOS DE SINCRONIZACIÓN

Con el Byte SSM y protocolos de conmutación específicos es posible implementar conmutación de protección automática de fuentes de reloj. Los protocolos de conmutación de protección son los siguientes:

- Cada nodo tiene una tabla de prioridad de reloj pre-especificada y un umbral de calidad de reloj. En el ejemplo de la Figura 5.7, la tabla de prioridad de reloj de NE1 es “externa/oeste/este/interna”.
- El NE selecciona como su fuente de sincronización de operación la fuente de reloj con la más alta calidad y

transmite el SSM en el Byte S1 a los nodos subordinados [19].

- Para evitar lazos de sincronización el contenido del SSM en el camino contrario es siempre el valor 0x0f que indica que no se use para sincronizar.

En el ejemplo de la Figura 5.7, en caso de una falla entre N2-N3, el sistema después de un análisis congruente a los protocolos anteriores realiza la conmutación automática hasta obtener la mejor calidad de señal de reloj en sus nodos afectados como se muestra en la Figura 5.8.

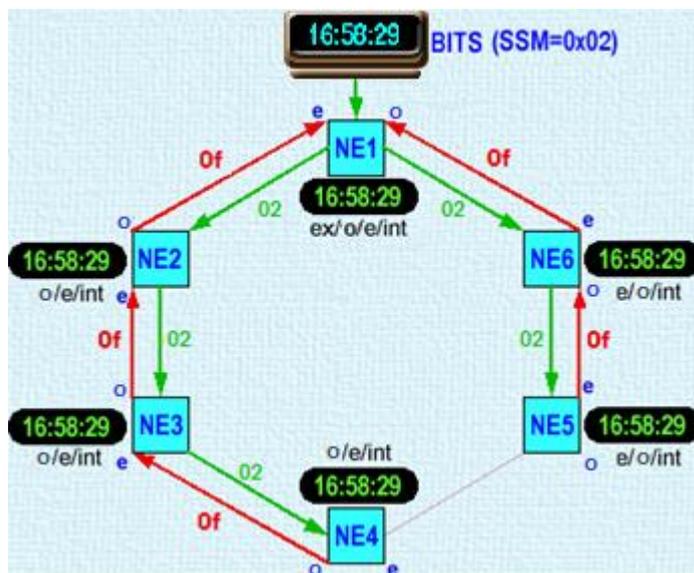


Figura 5.7 Protección automática de reloj 1.

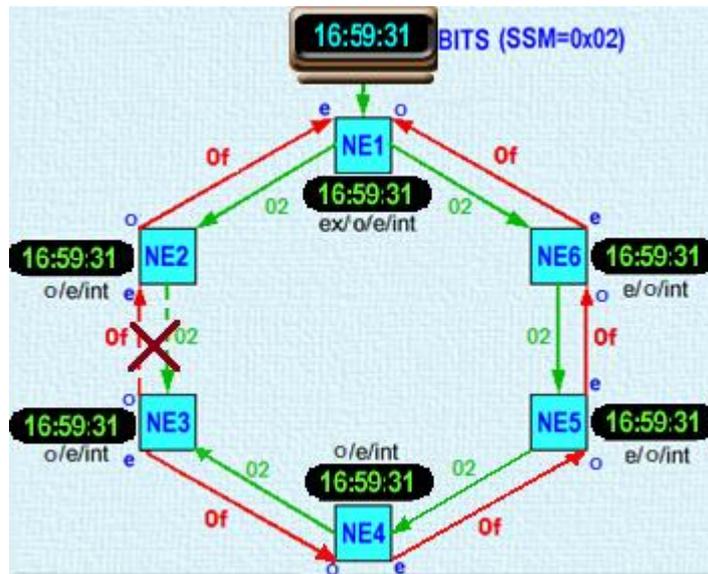


Figura 5.8 Protección automática de reloj 2.

Es preciso también evitar los lazos de sincronización. En la Figura 5.9, cuando falla la fuente BITS, NE1 escoge la fuente de reloj que proviene del lado “o” según su tabla de prioridad y se genera un bucle. En la Figura 5.10, gracias al ID de reloj=1 (S1=0x14) insertado, NE1 reconoce que es el mismo reloj que él envía y, en caso de falla de la fuente BITS, no se engancha a su lado “o” y se previene el lazo.

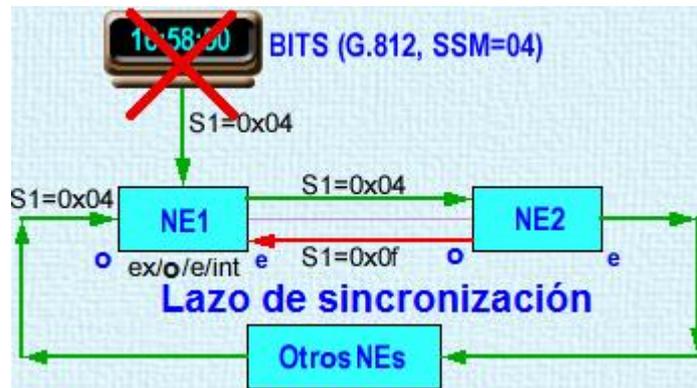


Figura 5.9 Bucle de sincronización.

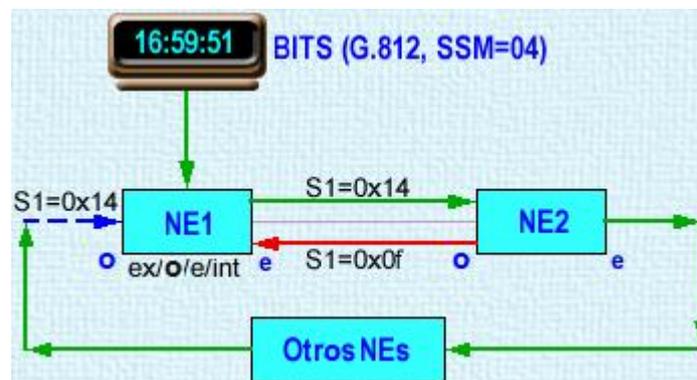


Figura 5.10 Aplicación del ID de reloj.

En la red de la Figura 5.11, hay 2 relojes externos con estándar G.812. En condiciones normales toda la red se sincroniza con el reloj principal externo en NE1 cuyo ID es 1 ($S1=0x14$). Los otros ID son: reloj externo de NE4=2 ($S1=0x28$), reloj interno de NE1=3 ($S1=0x3b$) y reloj interno de NE4=4 ($S1=0x4b$). De generarse una falla en los enlaces el sistema tomará en cuenta los protocolos de conmutación y el

ID de reloj para elegir la fuente de reloj más adecuada en los nodos.

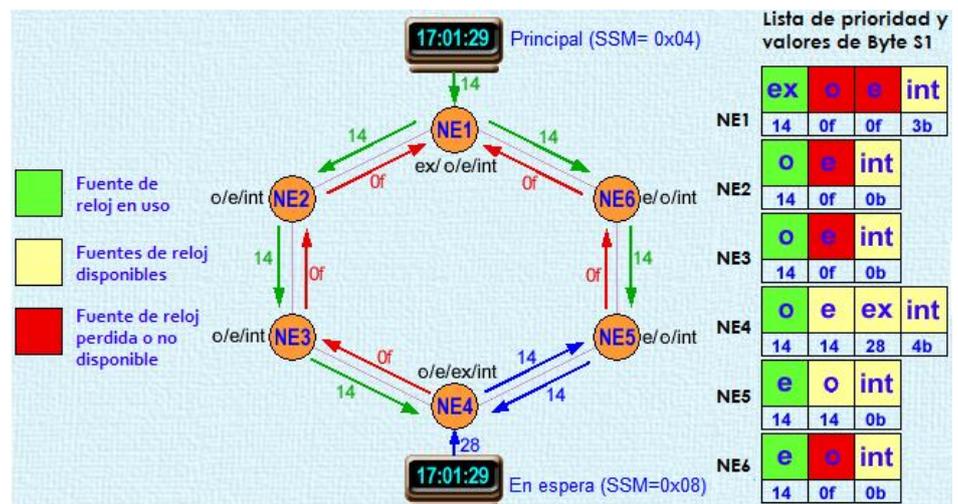


Figura 5.11 Aplicación del ID de reloj 2.

CARACTERÍSTICAS A CONFIGURAR EN LA RED DE SINCRONIZACIÓN.

Se implementará la estructura estrella jerárquica. En este ambiente de laboratorio no se cuenta con un equipo PRC ni SSU por lo que se distribuirá la señal de sincronización a partir de la fuente de reloj interno NE FIEC1 pero se configurará manualmente la mejor calidad de reloj esto es conforme al estándar ITU-T G.811. Este reloj interno hará las veces de reloj maestro, hacia los equipos FIEC2 y FIEC3 que serán los relojes esclavos.

Se habilitará la protección automática de reloj para lo cual se definen listas de prioridades, la calidad y ID de reloj. Las listas de prioridades que se configurarán se describen a continuación en la Tabla 5.2:

NE	Primera prioridad	Segunda Prioridad	Tercera Prioridad
FIEC1	Reloj interno "int"	--	--
FIEC2	Reloj de línea "o" 12-N1SLD4-1(SDH-1)	Reloj de línea "e" 12-N1SLD4-1(SDH-2)	Reloj interno "int"
FIEC3	Reloj de línea "e" 12-N1SLD4-1(SDH-2)	Reloj de línea "o" 12-N1SLD4-1(SDH-1)	Reloj interno "int"

Tabla 5.2 Tabla de prioridad a configurar.

La calidad de reloj y los ID de reloj asignados son los mostrados en la Tabla 5.3:

Fuente	ID de reloj	Calidad			Byte S1
		ITU-T	SSM		
Interna de FIEC1	1	G.811	2	→	12
Interna de FIEC2	2	G.813	B	→	2b
Interna de FIEC3	Void=0	G.813	B	→	0b

Tabla 5.3 ID de reloj y Calidad de reloj a configurar.

Las configuraciones se presentan a continuación en la Figura 5.12

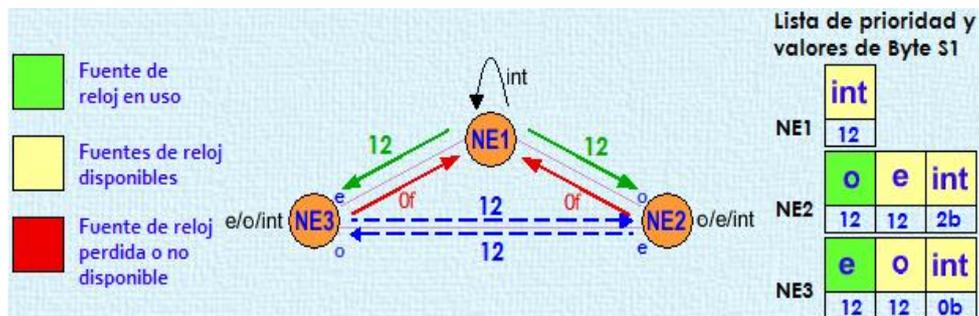


Figura 5.12 Representación de las características de sincronización a configurar.

5.2.4. RECOMENDACIONES

En una red de un ambiente de producción se recomienda que se cuente con un reloj externo de alta calidad de acuerdo al estándar G.811 que describe un PRC y hacia el cual se tenga alta disponibilidad pues en un tiempo prolongado se podría tener inconvenientes por la degradación de la señal de reloj. En este ambiente de laboratorio se especificó manualmente la máxima calidad en la estación maestra pero eso no cambia las características de oscilación del equipo. Si no es posible tener un equipo PRC se recomienda contar al menos un equipo externo a la red que defina la señal de reloj, de esta manera, la interpretación de los datos tendrá menor probabilidad de verse afectada.

En el desarrollo de la práctica se ha definido el valor WTR muy bajo, lo cual permite observar los cambios en la topología de reloj de manera casi inmediata, sin embargo, en ambientes reales esto no es una buena práctica debido a que regularmente se pueden producir intermitencias en las interfaces mientras se realiza la fusión de fibras cuando se atienden emergencias de corte de fibra o relacionados. En estos casos se recomienda colocar el tiempo promedio que se tarda en resolver este tipo de incidencias.

5.2.5. CONCLUSIONES

La sincronización y temporización forma parte de la configuración básica de los OSN ya que debido a su tecnología SDH, es decir sincrónica, requiere una portadora de reloj que los coordine entre sí, esta situación se verificó en la práctica con la presencia de las alarmas menores en los equipos las cuales se superan una vez realizada la configuración de la estructura de reloj.

Al realizar el diseño de la estructura de distribución de la señal de sincronización en la topología de laboratorio se tuvo en

cuenta que debe haber una alta disponibilidad del transporte de la referencia de reloj, esta situación la cumple la topología física en anillo pues proporciona una ruta alterna. Adicionalmente, en este diseño se deben evitar los bucles por lo que se especificó el ID de reloj en cada uno de los OSN.

El enlace de transmisión de sincronización se escogió el más corto posible al nodo maestro debido a que la que la señal se degrada con la distancia. También se puso en práctica la condición que indica que siempre se configura una estación esclava con respecto a una referencia de reloj de igual nivel o superior, pues se distribuyó la señal de reloj desde una estación maestra, a la que se definió con calidad de reloj G.811, hacia dos estaciones esclavas a las que se definió con calidad de reloj G.813.

Si se configura el mecanismo de protección automática de reloj el sistema se basará en los protocolos que son: la lista de prioridad, la calidad de reloj y el ID de reloj configurados. Como se verifica en el procedimiento, la opción más óptima será la de mayor prioridad, mejor calidad y adicionalmente en

la conmutación cada NE no selecciona como reloj aquella fuente que tenga el ID=0 o su mismo ID.

5.3. IMPLEMENTACIÓN DE PROTECCIONES.

5.3.1. OBJETIVOS

- Conocer el funcionamiento de los mecanismos de protección usualmente implementados en las redes SDH.
- Explicar los mecanismos de protección física y lógica que se emplean en las redes SDH.
- Verificar la estabilidad de un servicio protegido por el mecanismo de protección implementado durante la práctica, mediante el escenario de corte de fibra.

5.3.2. EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Tarjetas N1PQ1B.
- Tarjetas N1D12S.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.

- Cable de red directo.
- Cables de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Cables de fibra óptica multimodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).

5.3.3.INTRODUCCIÓN

Ante posibles fallos en algún elemento de la red como por ejemplo cortes en la fibra o la mala calidad de la señal en recepción resulta necesario proporcionar una adecuada protección de extremo a extremo, el modo de protección empleado será diferente dependiendo de la topología que este configurada.

Las causas de las fallas en la red pueden deberse a: Accidentes con el cable, errores humanos (Incorrecto mantenimiento o la incorrecta instalación de los equipos de comunicación), sabotajes físicos o electrónicos, perturbaciones en las operaciones (Actualización del calendario, mantenimiento, corte del suministro eléctrico),

fallas en el hardware y en el software (Fallas en las tarjetas de línea, láser defectuoso, software dañado). Usualmente cuando se produce un fallo en la redes SDH se activa un mecanismo especial de protección, el enlace defectuoso se reencamina automáticamente a través de un circuito de reserva. La red es considerada segura si puede responder ante un fallo con la restauración de los servicios de red, los requerimientos para que esto ocurra de manera efectiva incluyen: Diseño con suficiente recursos; rutas redundantes como rutas de espera; robustez en el equipo; nodos inteligentes; no intervención humana; seguridad física y lógica. Aunque con estas acciones sólo se lograría restablecer los servicios, no se puede reparar el fallo sin la intervención humana.

Los nodos de la red deben tener la inteligencia para comprobar que el fallo ocurrió e informar a las unidades correspondientes de activar la operación de protección. El objeto de la protección puede ser físico o electrónico. Para el desarrollo de esta práctica el mecanismo de protección elegido el 1+1 MSP lineal, el cual será implementado en un camino con un servicio previamente configurado.

Protección de Sección Múltiple Lineal

El mecanismo de protección MSP Lineal es mencionado en la Recomendación G.783 de la ITU-T [11]. La conmutación que da la protección es para la sección de tráfico de nodos interconectados de manera adyacente. Puede funcionar de manera unidireccional o bidireccional, puede transportar el tráfico adicional en el canal de protección en funcionamiento y no protege contra fallos de nodo. El tiempo de conmutación que ofrece es menor o igual a 50 ms según el G.783 ya mencionado.

La red cuenta con dos canales (dos pares de fibras): canal de tráfico (canal activo) y protección (canal en espera) del canal. Un canal de servicio está protegido mediante otro canal, llamado canal de protección Ver Figura 5.13. Si se produce un error, por ejemplo, una pérdida de señal, el mecanismo de protección debe cambiar al canal de protección. La limitación que presenta es que necesita de variadas rutas físicas para el canal activo y de protección, si ambos canales están en la misma ruta ante un evento de fallo en la ruta física se perdería tanto el canal activo como el de protección. Existen dos

arquitecturas diferentes para este tipo de protección: 1+1 y 1:N (N1).



Figura 5.13 Mecanismo de Protección MSP Lineal [3].

En el primero de estos casos, en la protección MSP 1+1 lineal o punto a punto, el tráfico se transmite simultáneamente a lo largo de los dos canales, tanto en el canal de tráfico como en el canal de protección. El canal de protección dedicado porta el tráfico en una dirección y el canal de tráfico porta la señal a través de otra ruta diferente. En el otro extremo, el elemento de red que recibe las señales compara la calidad de los dos caminos y el canal que proporciona la señal con las mejores condiciones es el que se elige. Ésta será nombrada como la ruta activa. Ante un evento de fallo en la ruta activa el extremo receptor conmutará al otro camino, a la ruta o canal de protección.

Las Características de esta protección son:

Modos de Conmutación.

- De un solo extremo (unidireccional).
- De doble extremo (bidireccional).

Modos de Restauración

- Revertido (WTR por defecto: 600 segundos).
- No revertido.

5.3.4.RECOMENDACIONES

En los ambientes de producción los esquemas de protección se recomiendan para ser implementados por los operadores de telecomunicaciones sólo en caminos con tráfico considerado relevante para la compañía ya que significa un despliegue de recursos.

En la protección MSP se aconseja que al menos tenga una ruta de fibra diferente de la que lleva el tráfico para ser configurada como camino de protección. En la práctica el camino de protección se implementó utilizando la tarjeta

R1SL1 pues si ambas fibras se encuentran por la misma ruta, ante un fallo se perderían los dos caminos configurados.

La protección MSP no se recomienda escalable debido a que requiere diversas rutas físicas para su implementación y ocasiona que la red sea más compleja cuando se incrementan los nodos en ellas. Suele ser usada en redes lineales malladas.

5.3.5. CONCLUSIONES

Durante el procedimiento de la práctica Implementación de protecciones se verificó mediante la simulación de un corte de fibra que el mecanismo de protección MSP está diseñado para proteger el tráfico entre dos elementos adyacentes en la red y no proporciona protección para una falla total del nodo.

Para la topología de red usada se implementó la protección de un STM-1 del circuito STM-4 entre FIEC1: 12-N1SLD4-2(SDH-2) – FIEC3: 12-N1SLD4-1(SDH-1) a través del circuito STM-1 entre FIEC1: 4-Q1SL1-1(SDH-1) – FIEC3: 4-Q1SL1-1(SDH-1)

por motivos didácticos y disponibilidad de recursos ya que el servicio configurado en el camino protegido es de un VC12.

5.4. ESCENARIOS DE LEVANTAMIENTO DE SERVICIOS ENTRE LOS OSN.

En la actualidad SDH se ha convertido en la tecnología de transporte más expandida dentro de la red backbone de muchos operadores de telecomunicaciones debido a que puede absorber el transporte del creciente volumen de datos y satisfacer las necesidades de conectividad de muchas organizaciones, además ha evolucionado ofreciendo mayor capacidad de transmisión y nuevas interfaces de servicios.

Los servicios SDH son los encargados de brindar conectividad en banda ancha a través de la capacidad SDH con máxima calidad. Estos servicios son de capacidad estructurada según los estándares SDH, con circuitos que en la actualidad se encuentran normalizados con los valores de: STM-1(155Mbps); STM-4 (622 Mbps); STM-16 (2,5 Gbps); STM-64 (10 Gbps) y STM-256 (40 Gbps), esta capacidad puede ser protegida mediante la conmutación automática

en rutas diversas lo que será motivo de análisis en la práctica Implementación de Protecciones.

Dentro de este capítulo se revisa los conocimientos necesarios para la implementación de los servicios llamados de configuración manual y los servicios llamados de configuración automática. Se explica las características técnicas de los servicios antes mencionados y los diferentes parámetros de configuración que intervienen durante el proceso de creación de los servicios. También se explica la configuración de servicios de varias tasas de transmisión con el uso de las diferentes tarjetas de procesamiento disponibles en el laboratorio.

5.4.1.HABILITACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE SERVICIOS DE NIVEL E1 ENTRE LOS OSN UTILIZANDO LAS TARJETAS TRIBUTARIAS PQ1, TARJETAS DE INTERFAZ N1D12S Y TARJETAS DE LÍNEA N1SLD4. CONFIGURACIÓN MANUAL Y AUTOMÁTICA.

5.4.1.1. OBJETIVOS

- Interpretar los parámetros que se configuran en los servicios manuales.
- Reconocer servicios anteriormente creados.
- Realizar las cross-conexiones de manera manual.
- Escoger puertos físicos y puertos lógicos de tiempo (timeslots) en las tarjetas ópticas para la creación de servicios manuales.
- Crear un servicio manual.
- Desactivar y eliminar servicios.
- Crear un servicio manual pasando por un NE intermedio.
- Crear un VC4 Server Trail.
- Crear un servicio automático de nivel VC12.
- Diferenciar servicios automáticos y manuales.
- Convertir servicios manuales en Rutas.
- Modificar rutas e información de rutas en los servicios automáticos.

5.4.1.2. EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Tarjetas N1PQ1B.

- Tarjetas N1D12S.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cable de red directo.
- Cable de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).

5.4.1.3. INTRODUCCIÓN

SERVICIOS MANUALES O DISCRETOS

La configuración de servicios manuales puede convertirse en una larga y tediosa tarea más aún si se pasa por una gran cantidad de NE aunque resulta necesario si se desea establecer un enlace con un equipo de otra empresa, en estos casos un NE virtual tiene que ser creado en representación del equipo de la otra compañía.

Dentro de este tipo de servicio se realiza la configuración de las cross-conexiones de manera manual, por lo que se requiere antes de crearlo observar el camino de la fibra para saber la tarjeta y puertos a usar. A continuación se

detalla algunos de las opciones que aparecen en la configuración de un servicio manual:

Level o Nivel: Indica el nivel de servicio que se ha configurado. En la práctica esta opción será completada con el nivel **VC12**, el cual equivale a un E1.

Source Slot o Ranura Fuente: indica cuál es la ranura donde se encuentra la tarjeta que se utiliza como origen para la creación del servicio. En la práctica esta opción será completada con: 12-N1SLD4-1(SDH-1) y 13-PQ1. Para la primera opción 12 indica la ranura donde está ubicada la tarjeta de línea N1SLD4 dentro del equipo OSN Optix 1500 y (SDH-1) señala que se escoge el primer puerto SDH de la tarjeta. Para la segunda opción 13 indica la ranura donde está ubicada la tarjeta tributaria PQ1.

Source VC4 o VC4 Fuente: hace referencia al VC4 de la tarjeta de línea que se escoge como origen para la configuración del servicio. En la práctica esta opción será completada con los valores: VC4-1; VC4-2; VC4-3; VC4-4. Cada uno de los dos puertos SDH de la tarjeta 12-N1SLD4

de nuestra práctica es dividido lógicamente en cuatro VC4 Ver Figura 5.14. Si la tarjeta fuente elegida fuera tributaria esta opción aparece deshabilitada.

Source Timeslot o Puerto lógico de tiempo Fuente indica el puerto lógico de tiempo de la tarjeta fuente tributaria o de línea que se usa para la creación del servicio. En la práctica esta opción será completada con: Uno de los 63 puertos de la tarjeta tributaria PQ1 o con uno de los 63 puertos lógicos de uno de los cuatro VC4 de la tarjeta de línea N1SLD4. De los 63 puertos de PQ1, sólo los 4 primeros de cada tarjeta en los OSN se encuentran conectados en el panel de conexión por medio de las tarjetas de interfaz N1D12S. Estos puertos se encargan de recibir los E1. Al entrar un E1 a la tarjeta PQ1 pasará a ser un VC12 por medio de un proceso de multiplexación. Respecto a la tarjeta N1SLD4, cada uno de los cuatro VC4 de la tarjeta se dividido lógicamente en 63 VC12. Ver Figura 5.14

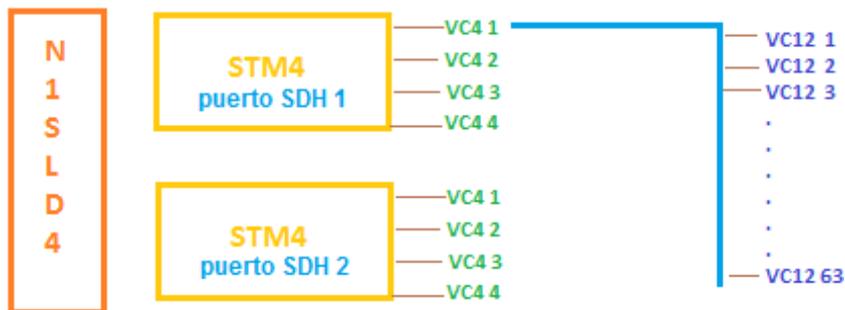


Figura 5.14 Representación de la división lógica de los puertos SDH y VC-4 de la tarjeta N1SLD4.

Sink Slot o Ranura Destino: indica la ranura destino en la que se encuentra la tarjeta que se emplea para la creación del servicio. Este campo se completa en la práctica de la misma manera que **Source Slot**.

Sink VC4 o VC4 Destino hace referencia al VC4 de la tarjeta de línea que se escoge como destino para la configuración del servicio. Esta opción se completa de la misma manera que **Source VC4**.

Sink Timeslot o Puerto lógico de tiempo Destino indica el puerto lógico de tiempo de la tarjeta tributaria o de línea que se selecciona como destino y es usada para la creación del servicio. Esta opción se completa de la misma manera que **Source Timeslot**.

Activate Immediately o Activar Inmediatamente: En este campo se indica si se desea realizar la activación del servicio una vez configurado. En la práctica esta opción será completada con: **Yes** o **No**. **Yes**, si desea activar el servicio de manera inmediata. **No**, si desea posponer la conexión de la fibra a los puertos configurados en el servicio, evitando así la generación de alarmas innecesarias en la red.

La práctica para la configuración automática del servicio está enfocada en dos escenarios, el primero es la configuración de un servicio manual creado de manera directa y el segundo será la configuración de un servicio manual pasando por un NE intermedio.

SERVICIOS AUTOMÁTICOS

Para la configuración de este tipo de servicio sólo es necesario escoger el NE fuente y el NE destino debido a que las cross-conexiones se crean de forma automática, el sistema se encarga de escoger los puertos en las tarjetas ópticas y los puertos lógicos de tiempo disponibles en orden jerárquico. Los servicios automáticos incluyen la creación

de **VC4 Server Trails**, los cuales son indispensables para la configuración de servicios de menor orden que un VC4. En el procedimiento de esta práctica se crea un **VC4 Server Trail** por cada división lógica de los dos puertos SDH que contiene la tarjeta N1SDL4.

La configuración de servicios automáticos es una tarea sencilla en comparación a la configuración de servicios manuales debido a que nos evita observar el camino de la fibra y realizar las cross-conexiones de forma manual, además presenta un entorno gráfico mucho más comprensible. Es importante mencionar que se puede trabajar simultáneamente con los dos tipos de servicios pero es necesario tener especial cuidado en verificar que, al crear servicios de manera automática, se seleccionen puertos lógicos de tiempo que no hayan sido usados en la configuración de un servicio de manera manual, debido a que se produce un error por “conflicto de puerto lógico de tiempo en uso”.

5.4.1.4. RECOMENDACIONES

Se debe tener especial cuidado cuando se trate de combinar la configuración de servicios automáticos con la configuración de servicios manuales explicados en la práctica Configuración de Servicios Manuales debido a que puede producirse un conflicto por un puerto lógico de tiempo que ya esté en uso.

Se recomienda el uso de la herramienta Query Relevant Trails para la observación de las rutas automáticas creadas entre dos nodos adyacentes.

Debido a la dificultad en manejar gran cantidad de puertos lógicos de tiempo disponibles para seleccionar en las tarjetas no es recomendable la configuración de servicios manuales porque se vuelve un procedimiento más complejo que la configuración de servicios automáticos cuando se posee una gran cantidad de NEs dentro de la red.

La configuración de un servicio manual puede resultar conveniente cuando se requiere tener la compatibilidad entre equipos de distintos proveedores debido a que este método permite al usuario escoger los las interfaces de las

tarjetas de conexión entre los equipos de comunicación óptica.

5.4.1.5. CONCLUSIONES

Al realizar las configuraciones manuales se utiliza la información del esquema de conexión para las tarjetas entre los OSN con el objetivo de realizar la correcta asignación de los puertos lógicos de tiempo debido a que en la práctica fue obligatorio escoger estos puertos dentro de la ventana de configuración **Create SDH Service**. A diferencia de las configuraciones automáticas en donde los puertos mencionados son escogidos de forma automática al crear el **VC-4 Server Trail** en la opción **SDH Trail Creation**.

La tecnología SDH permite la inserción y la extracción de las señales de jerarquías inferiores o de menor capacidad presentadas por PDH, en la práctica esto se demuestra con la creación del servicio manual de nivel VC12 equivalente a un E1.

Con los equipos OSN Optix 1500B se puede transportar varios tipos de señales y llevarlas a una estandarización más utilizada gracias a que contiene tarjetas que procesan señales de diferentes jerarquías. Esto se demostró convirtiendo la señal PDH de nivel E1 a señal SDH de nivel VC-12 través del uso de la tarjeta PQ1.

Cada uno de los dos puertos SDH de la tarjeta 12-N1SLD4 de línea utilizada para la interconexión entre los OSN es dividido lógicamente en cuatro VC4. Cada uno de los cuatro puertos lógicos VC4 de la tarjeta 12-N1SLD4 de nuestra práctica es dividido lógicamente en 63 VC12.

Los servicios que se crean con los equipos OPTIX OSN 1500 B utilizados permiten diferentes tasas de transferencia, siendo E1 (2 Mbps) la tasa más baja que se puede implementar basándonos en la granularidad VC-4 de la teoría SDH y en las opciones configurables de la creación de servicios del programa "T2000 Client".

5.4.2. IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS PUNTO A PUNTO EPL PARA TRANSMISIÓN DE DATOS ENTRE DOS REDES LAN REMOTAS.

5.4.2.1. OBJETIVOS

- Identificar la tarjeta N1EGT2, los módulos SFP y la tarjeta N1PL3A.
- Distinguir entre fibras monomodo y multimodo.
- Conocer los conectores de fibra FC, LC, acopladores FC-FC y el conector para cables de cobre tipo SMB.
- Comprender el uso de la función EPL y configurar servicios EPL punto a punto.
- Configurar los parámetros de la tarjeta N1EGT2 para indicar la trayectoria de borde (bound path).
- Configurar cross-conexiones entre las tarjetas Gigabit Ethernet y las tarjetas de línea.
- Implementar un servicio no EPL de nivel E3 para transmisión de datos punto a punto.
- Realizar la comprobación del levantamiento de los servicios EPL y no EPL mediante la transferencia de archivos.

- Discriminar entre tipos de servicio Ethernet y PDH.

5.4.2.2. EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Tarjetas N1EGT2.
- Tarjetas N1PL3A.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cables de red directos.
- Cable de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Cable de fibra óptica multimodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Cables de señal E3/T3/STM-1(Conectores SMB macho-BNC macho)
- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).
- Acopladores de cables de cobres (BNC hembra - BNC hembra)
- 2 Enrutadores Huawei Quidway serie 28-30.
- 2 PCs (mínimo).

5.4.2.3. INTRODUCCIÓN

En la primera parte de esta práctica se revisarán detalles técnicos concernientes a la implementación de servicios EPL para envío y recepción de datos utilizando las tarjetas N1EGT2 que, en este caso, tienen como medio de transmisión a la fibra óptica multimodo. En la segunda parte, se describe la implementación de un servicio no EPL de nivel E3 empleando las tarjetas N1PL3A que usan como medio de transmisión el cable coaxial. La configuración de este último se realiza de la manera que se explicó en la práctica #4.

La puesta en marcha de estos escenarios sirve de base para que el estudiante pueda establecer las ventajas de un servicio respecto al otro y determinar cuándo resulta factible su uso.

Tarjeta N1EGT2

La tarjeta N1EGT2 es una tarjeta de procesamiento de datos y se utiliza para transmitir servicios Gigabit Ethernet. Ver Figura 5.15. Se puede insertar en los OSN en las

ranuras 11-13. Provee dos interfaces en la parte frontal que permiten la inserción de módulos SFP.

La tarjeta N1EGT2 soporta la implementación de servicios EPL con un máximo de dos rutas **VCTRUNK**. En la parte frontal posee indicadores LED. Los indicadores **Link1** y **Link2** informan que se ha establecido el enlace entre el primer o segundo puerto GE y el equipo opuesto respectivamente cuando están en color verde. Los indicadores **Act1** y **Act2** notifican que hay datos que están siendo intercambiados entre el primer o segundo puerto GE y el equipo opuesto respectivamente cuando están en color naranja y titilando. Su apariencia física se muestra en la Figura 5.15.

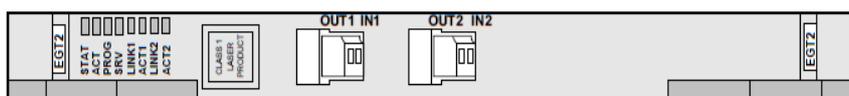


Figura 5.15 Tarjeta de procesamiento de datos N1EGT2 [13].

Fibra óptica multimodo

En las fibras ópticas multimodo se propagan varios rayos (modos) de luz para transmitir la señal. El número de modos puede ser superior a mil. La fuente de luz es LED,

que emite a una potencia mucho menor que el láser por lo que se usa principalmente en enlaces de corta distancia. En apariencia externa su revestimiento es generalmente color naranja cuando el cable de fibra es de un hilo. Ver Figura 5.16.



Figura 5.16 Fibra óptica multimodo.

Conectores LC y FC

El conector LC presenta forma alargada. El macho tiene un seguro que permite que se escuche un clic cuando es ajustado correctamente en el conector hembra. Se utilizan para conexiones cruzadas o interconectadas de equipos en aplicaciones backbone, horizontales y áreas de trabajo para transmisiones de datos a alta velocidad. Ver Figura 5.17.

El conector FC al ser visto frontalmente presenta un área circular. El conector hembra tiene una muesca que permite el correcto ajuste con el conector macho para luego ser

enroscado. Suele ser utilizado en conmutadores Ethernet de tipo Gigabit y redes LAN como en redes de transporte. Ver Figura 5.17.



Figura 5.17 Conectores LC y FC.

Tarjeta N1PL3A y conector SMB

Es una tarjeta de procesamiento PDH que soporta tres señales eléctricas de nivel E3 o T3. Posee tres pares de interfaces desbalanceadas de 75 ohms, cuyos conectores son del tipo SMB hembra. Su apariencia física se muestra en la Figura 5.18. Puede ser ubicada en cualquiera de las ranuras de la 11 a la 13, y para nuestros fines se ubicará en un equipo en la ranura 11 y en otro en la ranura 13.



Figura 5.18 Tarjeta de procesamiento PDH N1PL3A y conector SMB [13].

Figura 5.19 Servicio EPL Punto a Punto.

En el ejemplo de la Figura 5.19, en la línea (conexión de fibra) entre FIEC1 y FIEC3, el servicio A se transmite a través de un VCTRUNK representado en color rojo, y el servicio B se envía por otro VCTRUNK representado en color verde [21].

Servicio EPL Puerto Compartido: Este servicio comparte un puerto con diferentes VLAN ID [20]. Esta implementación se aplica cuando se desea convergencia de varias líneas de servicios.

En la Figura 5.20 el sitio matriz C necesita comunicarse con las sucursales C(1) y C(2), sin embargo estas comunicaciones deben estar aisladas entre sí. Además los servicios de C(1) y C(2) deben transmitirse a C y ser convergentes. Esto es posible con el etiquetado de VLANs, pues permite que más de un servicio EPL comparta un puerto y de esta manera se ahorran recursos del sistema [21]. Es importante anotar que el equipo conmutador

Ethernet colocado en el nodo de convergencia debe soportar la identificación de las distintas VLAN.

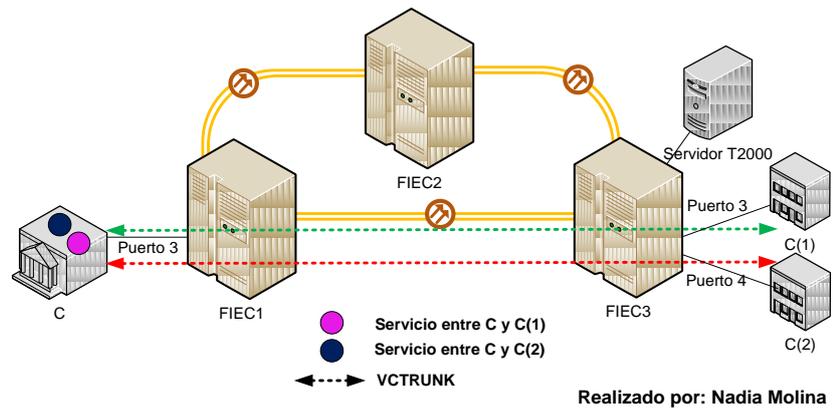


Figura 5.20 Servicio EPL Puerto Compartido.

Servicio EPL VCTRUNK Compartido: Comparte un VCTRUNK con diferentes VLAN ID [20]. Esta implementación se utiliza con el objetivo de compartir el ancho de banda de varios servicios que son aislados entre sí y que tienen diferentes horas picos. De esta manera, en dichas horas los servicios puedan apropiarse libremente del ancho de banda [21]. Ver Figura 5.21.

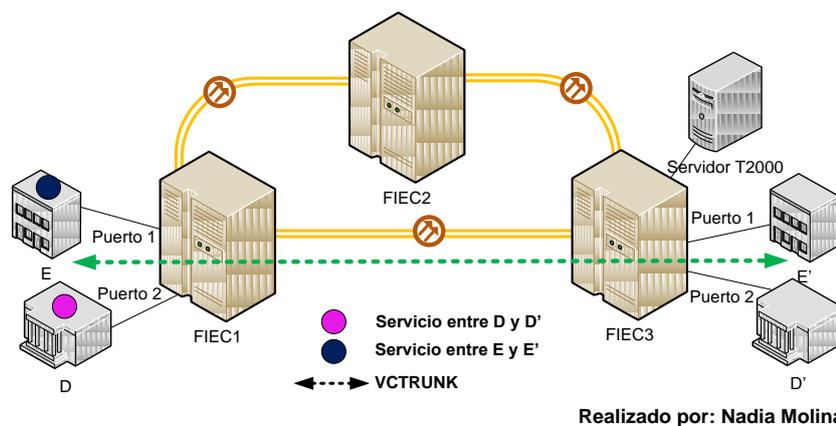


Figura 5.21 Servicio EPL VCTRUNK Compartido.

5.4.2.4. RECOMENDACIONES

Para familiarizarse con las funciones y características que permite y soporta la tarjeta N1EGT2 se recomienda remitirse al capítulo 4 sección 4.2.3.

Se debe tener especial cuidado con el arreglo y manipulación de los cables de fibra óptica: Procurar que no presenten ángulos de curvatura muy pronunciados, no permitir que permanezcan estirados o sean aplastados por un objeto pesado que pueda deformarlos y evitar que al ser enrollados el seguro que se les coloque alrededor quede demasiado ajustado, estas consideraciones previenen atenuaciones en la señal.

Debido a que se cuenta sólo con cables de fibra con conectores LC macho - FC macho es necesario utilizar dos cables conectados por medio de un acoplador FC hembra - FC hembra. Se debe tener especial atención en la unión pues el acoplador tiene una muesca en la cual encaja el conector de la manera más precisa permitiendo ser enroscado y reduciendo pérdidas.

Se sugiere que se realice el levantamiento de un servicio EPL para un ancho de banda de 40 MB configurando el segundo VCTRUNK disponible de uno de los equipos descritos en el procedimiento y FIEC1. Se puede probar el servicio utilizando los mismos enrutadores. Tenga cuidado de conectar los cables de Tx que vienen de los respectivos enrutadores en los puertos de Rx en los OSN y los cables de Tx en los puertos de Rx.

5.4.2.5. CONCLUSIONES

Se pudo verificar que en el laboratorio se cuenta con módulos SFP compatibles para conectores LC que son del tipo 1000BASE-SX al realizar la observación de la

característica de longitud de onda impresa en la superficie del mismo.

Es posible establecer servicios de nivel EPL usando la tarjeta N1EGT2 mediante la configuración de parámetros en los puertos internos y externos y de las correctas cross-conexiones con las tarjetas de línea, esto se comprobó al realizar la transferencia de archivos entre las diferentes redes.

Al realizar la creación de las rutas se comprueba que al seleccionar el nivel VC4 el sistema muestra automáticamente los caminos disponibles. También se pudo observar que, cuando la creación de rutas se configura de manera automática, el sistema escogerá los primeros puertos lógicos de tiempo disponibles en las tarjetas de línea para realizar las cross-conexiones.

Se demostró que los indicadores LED Link y Act cambiaron de estado para informar el establecimiento del enlace y el intercambio de datos.

Para la correcta configuración del ancho de banda requerido en un canal de servicio, se debe tener en consideración el nivel de la ruta y el nivel en las trayectorias de borde, conforme al método de multiplexación de la teoría SDH. En este caso, para cumplir con la condición de ingeniería que solicitaba un canal de 90 MB se hizo la selección de 2 VC-3, y se comprobó que tres grupos de unidades tributarias de nivel VC3 pueden ser multiplexadas en un VC4 al observar las opciones que proporcionaba el puerto interno de la tarjeta N1EGT2.

5.4.3. IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS PUNTO A PUNTO EPL PARA TRANSMISIÓN DE INTERNET HACIA UNA LAN REMOTA.

5.4.3.1. OBJETIVOS

- Identificar la tarjeta R1EGT2.
- Conocer los conceptos de Vctrunk, puerto interno y puerto externo.
- Comprender el uso de la función EPL.
- Configurar servicios EPL punto a punto.

- Configurar los parámetros de la tarjeta R1EFT4 para indicar la trayectoria de borde.
- Configurar cross-conexiones entre las tarjetas Ethernet y las tarjetas de línea.
- Realizar la comprobación del levantamiento del servicio EPL mediante el acceso al Internet y una prueba de velocidad on-line.

5.4.3.2. EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Tarjetas R1EFT4.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cables de red directos.
- Cable de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).
- 1 Enrutador Huawei Quidway serie 18-21.
- 2 PCs (mínimo).

5.4.3.3. INTRODUCCIÓN

Tarjeta R1EFT4

Esta tarjeta tiene interfaces integradas y soporta transmisión transparente de 4 servicios de nivel Fast Ethernet. Soporta implementación de servicios EPL y transmisión transparente de VLAN. Las dimensiones de la tarjeta R1EFT4 son de la mitad de una ranura y en los equipos permanecen ubicadas en la ranura 6. Su apariencia física se muestra en la Figura 5.22.

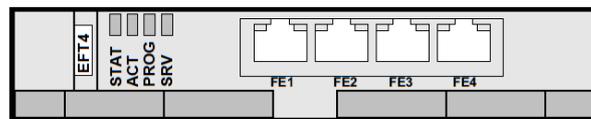


Figura 5.22 Tarjeta de procesamiento de datos R1EFT4 [13].

En la configuración de servicios EPL del fabricante Huawei será común encontrar los términos que se describen a continuación y que se configuran en la Interfaz Ethernet.

Puerto Interno

El puerto interno es una opción que permite la configuración de los parámetros de capa 2 de la interfaz Ethernet, como son los protocolos de encapsulación/mapeo, además de la trayectoria de borde por medio de los puertos VC Trunk.

VC TRUNK

También denominado Contenedor Virtual Troncal. El VC Trunk se construye a partir del VC y es semejante a un canal lógico que se configura en la unidad Ethernet. La capacidad de cada VC Trunk dependerá del ancho de banda requerido y puede ser asignado con VC-12 o VC-3 [22].

Puerto Externo

Se refiere al puerto físico externo [20]. Es una opción que permite la configuración de los parámetros de capa 1 de la unidad Ethernet. Por ejemplo, las velocidades comunes asociadas y que se pueden configurar como modo de trabajo son 10Mbit/s half-duplex, 10Mbit/s full-duplex, 100Mbit/s half-duplex, 100Mbit/s full-duplex y 1000Mbit/s half-duplex y 1000Mbit/s full-duplex. También se puede habilitar la función de auto-negociación.

5.4.3.4. RECOMENDACIONES

Para familiarizarse con las funciones y características que permite y soporta la tarjeta R1EFT4 se recomienda remitirse al capítulo 4 sección 4.2.3.

Para la ejecución de la práctica es recomendable hacer uso del explorador Google Chrome en la actividad que incluye la prueba de velocidad pues se tuvo mejores resultados de transferencia en este explorador con respecto al Internet Explorer o Mozilla Firefox.

Se recomienda la habilitación del servidor DHCP en el enrutador interconectado al equipo óptico por motivos de facilidad a la hora de la asignación de direcciones IP en las pruebas.

Antes de comprobar el acceso a internet se recomienda verificar la implementación de NAT en la interface del enrutador conectada a la tarjeta EFT4.

Para la elaboración de esta práctica se recomienda realizar las configuraciones del servicio de manera automáticas por

motivos de agilidad y mejor distribución del tiempo para el procedimiento de esta práctica.

Aunque en la práctica se implementó la configuración del servicio EPL punto a punto también se recomienda realizar la configuración del servicio EPL puerto compartido con motivos didácticos teniendo en cuenta que el equipo ethernet que se utilice como matriz debe tener configurado la identificación de VLANs.

5.4.3.5. CONCLUSIONES

La configuración de un servicio EPL punto a punto se implementa cuando se desea lograr un alto nivel de seguridad en la transmisión de datos debido a que aísla el servicio de otros.

El nivel de los canales de servicio a configurar dependerá del requerimiento de transmisión que se tenga, en el desarrollo de la práctica se implementó enlaces de 40 MB y 10 MB cuya tasa de transferencia se pudo verificar con la prueba de velocidad en línea.

En un servicio bien configurado el nivel de las trayectorias de borde creadas debe concordar con el nivel del servicio requerido.

5.5. DETECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE ALARMAS PARA DIFERENTES ESCENARIOS

5.5.1. EXPLORACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE ALARMAS

5.5.1.1. OBJETIVOS

- Identificar la simbología e indicadores de la red.
- Conocer los diferentes niveles de alarmas.
- Simular fallas en la red mediante la manipulación de los enlaces físicos.
- Explorar los diferentes métodos de acceso para buscar alarmas.
- Detectar alarmas y argumentar las posibles causas que las originan.
- Realizar el reconocimiento (Acknowledge) de las alarmas en los equipos.

- Distinguir el estado de alarmas no superadas reconocidas y no reconocidas.

5.5.1.2. EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Tarjetas N1PQ1B.
- Tarjetas N1D12S.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cable de red directo.
- Cables de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).
- Cable de señal 120 ohm x 8 E1.

5.5.1.3. INTRODUCCIÓN

En una red de transporte en operación generalmente se suscitan inconvenientes de diferentes tipos que pueden residir en la parte física, por ejemplo: daños en el cableado, daño de los dispositivos, tarjetas y/o conectores, altas

temperaturas; hasta problemas lógicos que dependen de la configuración realizada en los mismos.

Es frecuente que los fabricantes desarrollen funciones de configuración de tal manera que las fallas detectadas puedan ser señalizadas mediante alarmas facilitando el monitoreo y además, mediante el desarrollo de protocolos, que permitan implementar características de conmutación automáticos.

En el sistema de gestión T2000 de los equipos OSN 1500B es posible hacer la identificación del dispositivo que se encuentra alarmado. Para ello se mantiene una simbología de la cual se detallan algunos elementos a continuación:



Representa los equipos OSN 1500.



Representa la agrupación de equipos en una Subred.



Representa el cable de fibra.



Representa el equipo OSN 1500 que actúa como Gateway.

De la misma manera para el manejo de alarmas se establecieron colores. En la Tabla 5.4 se observa la descripción.

Nivel	Color	Descripción
Crítica		Alarma de observación inmediata
Mayor		Alarma de precaución
Menor		Alarma de bajo nivel.
Normal		El equipo trabaja en condiciones normales.

Tabla 5.4 Identificación por color de niveles de alarmas.

El estado de trabajo normal en los equipos se distingue con el color verde.

Alarma crítica: Corresponde a eventos en la red de suma importancia por ejemplo pérdida de gestión de un equipo, no detección de láser instalado, pérdida de recepción de señal óptica, entre otros, de los cuales depende directamente el desempeño del sistema, de manera tal que

si no se atiende a estas alertas el equipo e incluso la red pudieran colapsar. Se diferencian con el color rojo.

Alarma mayor: Se refiere a sucesos en la red de mucha importancia aunque ligeramente inferior a la crítica por ejemplo pérdida de recepción de señal tributaria (señales de bajo nivel), indicadores de error referente a configuración de servicios de menor nivel, pérdida de señal de sincronización del equipo, entre otros. Tienen color naranja. Generalmente, la afectación es de manera particular ya que se pierde un servicio de todos los que son transportados por la red. Sin embargo en el tema de sincronización, las señales recibidas pueden contener muchos errores a tal punto que no es posible recuperar la transmisión original y como consecuencia se tiene alta pérdida de paquetes degradando el rendimiento del sistema.

Alarma menor: Frecuentemente, se generan como consecuencia de alarmas mayores y críticas pero en un equipo vecino al afectado. Se presentan en color amarillo. Indican un estado de advertencia, por ejemplo, que se está

receptando más errores de los aceptados en el umbral, que el equipo tiene un modo de sincronización poco adecuado, sobre temperatura del láser, entre otros.

5.5.1.4. RECOMENDACIONES

Durante esta práctica se aprendió que es recomendable administrar las alarmas de cada nodo por separado cuando se tiene el manejo de una red compuesta de un número elevado de elementos.

Se recomienda comprobar con fines didácticos la generación de la alarma T-ALOS a través de un problema en la ruta lógica por medio del cambio en la asignación de puertos donde se tenga configurado un servicio usando las opciones del programa "T2000 Client".

5.5.1.5. CONCLUSIONES

La alarma crítica R_LOS se genera al presentarse eventos que se relacionan con la interconexión de los equipos en la

red como por ejemplo: un corte de fibra; excesiva atenuación en la línea; falla en la tarjeta receptora; falla en la tarjeta transmisora; fallo en la tarjeta CXL. En la práctica esto se pudo comprobar mediante la pérdida forzada de la señal óptica al desconectar intencionalmente el puerto de entrada de la tarjeta de línea N1SLD4.

Las alarmas no reconocidas en el momento de la falla siguen apareciendo aún después de superado el incidente. Esto se comprobó mediante la observación de las alarmas generadas durante la simulación de los cortes de fibra del procedimiento. Luego de terminada la simulación las alarmas siguieron presentes pero se remarcaron automáticamente en color verde claro para diferenciarse de las alarmas que aún representan una anomalía en la red.

Existe aparición de alarmas críticas en los puertos ópticos que no están conectados a la fibra óptica conectada debido a que en la práctica se observó la alarmas R-LOS en los puertos que no son usados.

5.5.2. CONFIGURACIÓN DE ALARMAS Y MONITOREO

5.5.2.1. OBJETIVOS

- Discriminar los diferentes niveles de alarmas en los equipos.
- Identificar los posibles modos de reversión que permiten los equipos: atributos.
- Configurar el modo de reversión automático.
- Familiarizarse con las opciones básicas para resolución de problemas: Alarm Reversion, Alarm Suppression, Alarm Insertion.
- Resolver pequeños problemas de enlace en base a los conocimientos adquiridos.

5.5.2.2. EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Tarjetas N1PQ1B.
- Tarjetas N1D12S.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cable de red directo.

- Cables de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).
- Cables de señal 120 ohm x 8 E1.

5.5.2.3. INTRODUCCIÓN

En la siguiente práctica de laboratorio se revisará conceptos básicos sobre los tipos de configuración que admiten los equipos OSN para poder administrar las alarmas que se generan por los cambios en los diferentes escenarios.

El objetivo es solventar las alarmas que se presentan, es decir restablecer los OSN a su modo de operación normal. Ya que en al inicio, los equipos estaban trabajando en condiciones normales (color verde), se debe volver a este estado. Para esto los dispositivos tienen una opción para cambiarles los atributos de alarmas denominado específicamente MODO DE REVERSIÓN. Encontrará tres modos.

Non-revertive o no revertivo: El modo non revertive no permite modificar las alarmas. Situación por defecto. No permite cambiar a la función reversión de los atributos de alarmas en las tarjetas pero si la función de suprimir alarma.

Automatic-Reversion o reversión automática: me permite “trabajar” con las alarmas. Poner en modo reversión, deshabilitar alarmas, etc.

Manual Reversion o reversión manual: Manualmente hay que cambiar el estado de las alarmas.

Por lo tanto se debe habilitar el modo Automatic-Reversion en los equipos para poder “trabajar” con las alarmas. Una vez configurado este atributo, los equipos permitirán realizar cambios sobre las tareas de habilitación/deshabilitación de alarmas lo cual es de gran utilidad para la depuración de fallas en la red. Se tiene disponibles las siguientes opciones:

Alarm Reversion o reversión de alarma: La reversión permite desactivar alarmas momentáneamente. Esto quiere decir que apaga las alarmas pero si se dan las circunstancias para que se activen nuevamente, entonces se generarán, como una especie de estado de “espera”.

Alarm suppression o supresión de alarma: Deshabilita una alarma permanentemente. Es decir que si se presenta una falla que produce una alarma del tipo que se suprimió, esta alarma no aparecerá en el sistema de gestión.

Alarm insertion o inserción de alarma: Restaura la alarma que ha sido suprimida.

5.5.2.4. RECOMENDACIONES

Durante las simulaciones de falla en la red es recomendable asegurarse de anotar el número del cable que se desconecta de manera intencional de tal manera que pueda ser restaurado su posición original.

Es recomendable usar la La reversión de alarmas para desactivar las que aparecen en puertos que no están en uso.

5.5.2.5. CONCLUSIONES

El modo de reversión que se debe configurar en los OSN es el modo de Reversión Automática debido a que durante el procedimiento de la práctica Configuración de alarmas y monitoreo se verificó que permite cambio sobre las tareas de habilitación/des habilitación de alarmas siendo de gran utilidad para la depuración de fallas en la red.

En la práctica se utilizó la reversión de alarmas para los puertos que no están en uso porque ayuda a desactivar alarmas sólo mientras el puerto no tenga el cable de fibra óptica conectado, evitando de esta manera que el puerto se quede sin monitoreo si se decide activarlo en cualquier instante.

5.6. CONFIGURACIÓN DE LLAMADAS ORDERWIRE

5.6.1.OBJETIVOS

- Conocer los conceptos básicos de orderwire.
- Describir la funcionalidad de la tarjeta EOW.
- Comprender la función de los Bytes E1 y E2 de la interfaz de cabecera.
- Conocer aplicaciones de orderwire: Llamada direccionada, llamada de conferencia, teléfono de línea directa, teléfono de línea especial.
- Configurar la función orderwire: números telefónicos, código de llamada de conferencia y puertos.

5.6.2.EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Tarjetas R1EOW.
- Equipos de teléfono Orderwire.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cable de red directo.
- Cables de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).

- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).
- Cable ordinario de teléfono.

5.6.3. INTRODUCCIÓN

Función orderwire

Orderwire es un sistema de comunicaciones de voz que proporciona un circuito o canal al personal técnico encargado de las funciones de coordinación y de control relativos a la operación, administración y mantenimiento de los sistemas de comunicaciones, redes y servicios, entre sitios en que se encuentran los equipos de red, en este caso entre los nodos SDH. Se trata de un sistema telefónico, pero no tiene ni depende de una oficina central de conmutación ya que es de propiedad de la red. Una representación se muestra en la Figura 5.23.

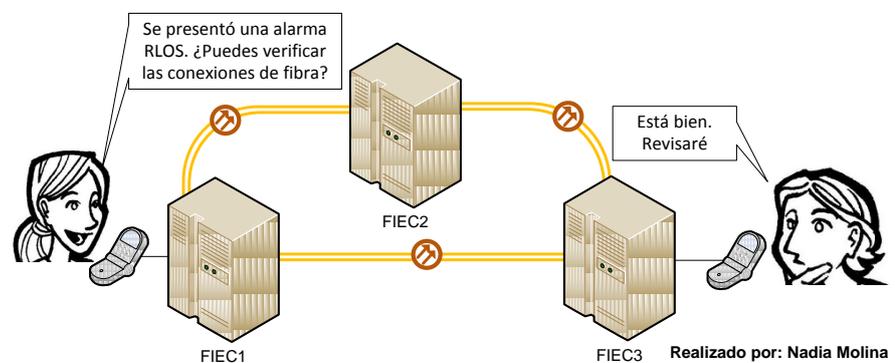


Figura 5.23 Sistema de comunicación Orderwire.

Para su funcionamiento emplea una parte del ancho de banda de la red que normalmente no se utiliza para envío del tráfico principal, tales como la parte baja del espectro de banda base o una parte del flujo de bits de control (Overhead).

Para la implementación de esta función en los equipos OSN 1500 B se utiliza la tarjeta de procesamiento EOW que se debe ubicar en la ranura 9 de la unidad auxiliar.

Tarjeta EOW

La EOW es una tarjeta de procesamiento telefónico orderwire. En la parte frontal tiene dos indicadores de estado (**Stat** y **Prog**) los cuales sirven para determinar el estado de trabajo en el que se encuentra. Tiene interfaces para cable telefónico y datos: Ver Figura 5.24.

- 1 interfaz para teléfono orderwire RJ-11.
- 4 interfaces de difusión de datos (S1-S4) RJ-45.

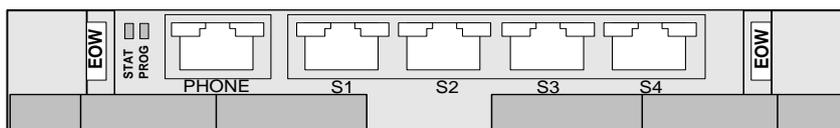


Figura 5.24 Tarjeta Auxiliar EOW [13].

Bytes E1 y E2

Estos 2 bytes son usados para proveer un canal orderwire de 64kbp/s para comunicaciones de voz.

El byte E1 se usa como un canal de voz entre regeneradores y multiplexores, mientras que el byte E2 se usa como un canal de voz entre multiplexores. Ver Figura 5.25.

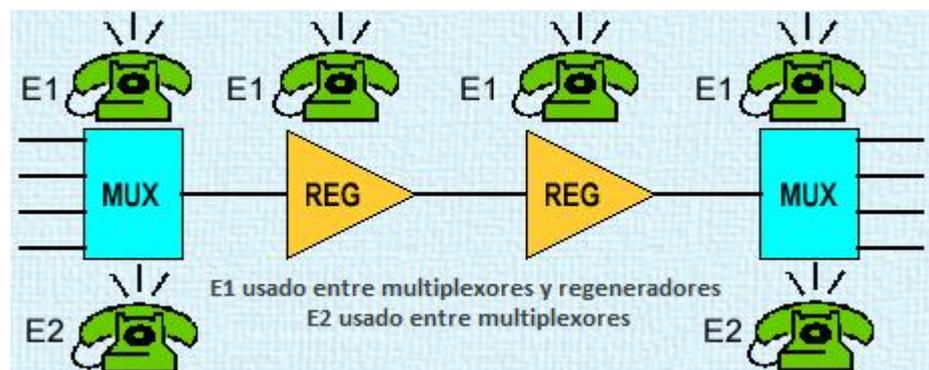


Figura 5.25 Orderwire Bytes

CLASIFICACIÓN DEL ORDERWIRE

Las llamadas orderwire pueden ser clasificadas en 2 tipos:

- Llamada direccionada o Addressing Call.
- Conferencia de llamadas o Conference Call.

Llamada direccionada: Es la función orderwire más básica. Esta provee un canal de comunicación punto a punto entre 2 nodos cualesquiera. Como los teléfonos de casa, cada teléfono en cada nodo tiene un único número propio. Normalmente se compone de dos partes: número de subred + número de abonado. La subred se refiere aquí a diferentes anillos o cadenas dentro de la topología de la red. El número de abonado puede ser dividido en ID de nodo y en número de teléfono (teléfono 1, teléfono 2, o teléfono 3).

La Figura 5.26 muestra un ejemplo de una llamada direccionada hacia el número 1021. El número de subred es 1 + el número de abonado es 021, donde 02 es el ID de nodo y 1 es el número de teléfono (primer teléfono en el nodo).

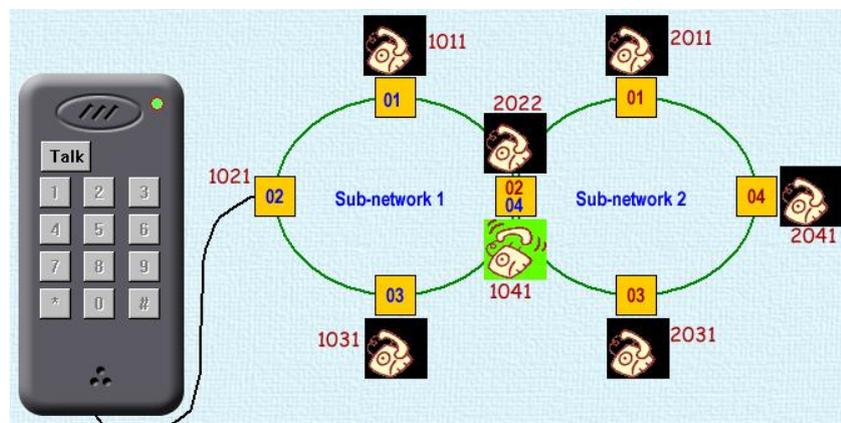


Figura 5.26 Llamada orderwire al teléfono 1041 desde el 1021.

Conferencia de llamadas: Provee un canal de comunicación punto-multipunto desde un nodo a todos los nodos. Cuando se marca el código de llamada de conferencia, el primer teléfono de todos los nodos dentro de la red sonará. Normalmente el código de llamada de conferencia se configura con 9's (Por ejemplo: 9999). Ver Figura 5.27.

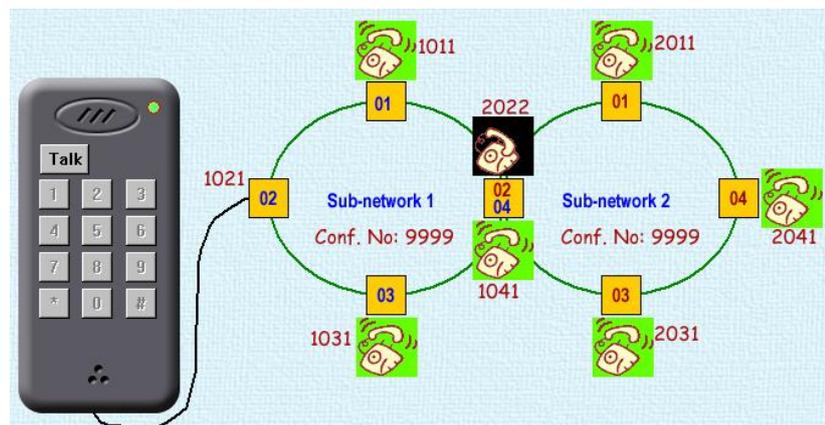


Figura 5.27 Llamada de conferencia desde el teléfono 1021.

Otras aplicaciones del teléfono orderwire.

Hotline Telephone o Línea pre-especificada: Cuando se levanta el teléfono de línea directa, el número pre-especificado en esta línea se marcará automáticamente. Si el teléfono de destino está inactivo, se puede oír el tono del timbre de regreso.

Special Line Telephone o Teléfono de Línea Especial: Un canal de comunicación permanente se establece entre 2 teléfonos. No hay que marcar el número y no hay tono de llamada ni tono de rebote de llamada. Cada vez que los dos teléfonos son levantados al mismo tiempo, el canal de de comunicación de voz se establecerá automáticamente.

5.6.4. RECOMENDACIONES

Al momento de configurar la opción ***Selected Orderwire Port*** también es recomendable hacer la prueba colocando únicamente el puerto de la tarjeta 12-N1SLD4-1 en vez de los puertos de las tarjetas 12-N1SLD4-1 y 12-N1SLD4-2 para comprobar que sólo tiene comunicación al equipo conectado a través del puerto que para el caso de la práctica es FIEC3.

5.6.5. CONCLUSIONES

La función orderwire es un sistema de comunicaciones de voz que no tiene ni depende de una central de conmutación debido a que es propiedad de la red empleando una parte de

su ancho de banda. Esto se comprobó durante la práctica mediante la configuración de la tarjeta EOW para aplicaciones orderwire.

Cada nodo tiene un único número propio, el número se compone de número de subred más números de abonado, a su vez el número de abonado puede ser dividido en ID nodo y en número de teléfono, lo que da como resultado que los códigos de números de teléfonos son únicos e irrepetibles esto se comprobó durante la práctica mediante la configuración de las funciones Addressing Call y Call Conference en la interfaz overhead de la tarjeta EOW.

5.7. MEDICIÓN DE PARÁMETROS.

5.7.1. OBJETIVOS

- Conocer el funcionamiento de los instrumentos de medición usualmente utilizados en las redes SDH.
- Explicar y conocer los parámetros más relevantes que se determinan para el análisis de las de las redes SDH.

- Realizar las operaciones de detección de fallas en enlaces con fibras ópticas.
- Calcular el valor más apropiado de los parámetros en la red, mediante el uso de algunas especificaciones técnicas propias de las tarjetas usadas durante la práctica.

5.7.2.EQUIPOS Y ACCESORIOS

- 3 equipos OSN Optix 1500B.
- Servidor con Sistema de gestión OptiX iManager T2000 y tarjeta de red.
- Cable de red directo.
- Cables de fibra óptica monomodo (Conectores LC macho-FC macho).
- Acopladores de fibra óptica (FC hembra- FC hembra).
- Intelligent Optical Power Meter JOINWIT
- Atenuador tipo LC de 5 dB.
- Anritsu MP1570

5.7.3.INTRODUCCIÓN

Actualmente existen algunos instrumentos de medición empleados en la verificación del buen rendimiento de las redes implementadas con fibra óptica. Durante esta práctica se explicará el funcionamiento de los instrumentos de medición considerados más relevantes en los ambientes de producción de las compañías de Telecomunicaciones.

EI OTDR

Es un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo que suministra valores de potencia relativa vs longitud, es utilizado para evaluar las propiedades de una fibra o de un enlace completo. Este instrumento funciona mediante el envío de pulsos de luz a una longitud de onda deseada por lo general un pulso de 40db, para luego medir las reflexiones producidas a lo largo de la fibra óptica. El pulso enviado por el OTDR viaja por la fibra atenuándose, de igual manera el pulso viajando en la dirección opuesta se atenúa en la misma magnitud.

EL OTDR basa su funcionamiento en las siguientes características de la fibra óptica: Esparcimiento de Rayleigh y Reflexión de Fresnel.

Esparcimiento de Rayleigh: Dispersión de la luz en los diversos colores que componen su espectro. Si el tamaño de las partículas es mayor que la longitud de onda, la luz no se separa y todas las longitudes de onda son dispersadas. Debido a que el material en la fibra no es homogéneo y al estar sus partículas esparcidas aleatoriamente la luz tiende a dispersarse en todas direcciones. Este fenómeno introduce en la fibra una atenuación inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. Ver Figura 5.28

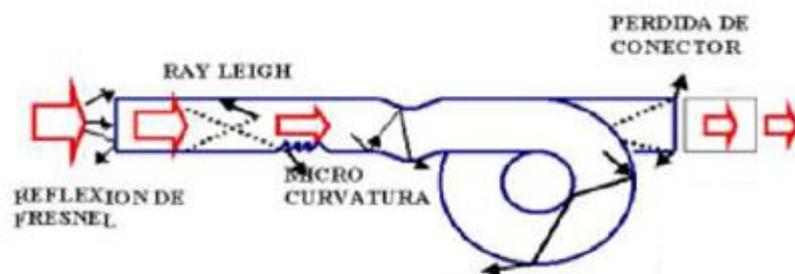


Figura 5.28 Causas que representan las pérdidas en la fibra óptica. [R1].

Reflexión de Fresnel: Esta pérdida ocurre debido a un cambio del índice de refracción en las caras de la fibra en la interfaz de la unión, de manera que una pequeña proporción de luz puede ser reflejada hacia la fibra transmisora. Para reducir este tipo de pérdida es recomendable utilizar fluidos que

adaptan los índices de refracción en la separación entre ambas fibras, usualmente se utiliza gel para recubrir a la fibra óptica.

ESPECIFICACIONES DEL OTDR

Rango dinámico: Determina la pérdida óptica total que puede analizar el OTDR, es decir, la longitud total del enlace de fibra que puede medir la unidad.

Zona muerta: Parte del enlace de fibra que no puede ser analizado por el OTDR. Las zonas muertas se originan a partir de eventos de reflexión (conectores, empalmes mecánicos, etc.) a lo largo del enlace.

Resolución: Es la distancia mínima entre dos puntos de adquisición, mientras menor es esta distancia mayor el número de puntos de adquisición entonces mayor exactitud en la información que se recopila.

Precisión: Es la capacidad de la medición de ser comparada con un valor de referencia. Tenemos la Precisión de Atenuación y la Precisión de Distancia.

Longitud de onda: Tiene un efecto importante sobre la distancia en la que el OTDR puede detectar eventos, entre más ancho el pulso mayor distancia se ha de alcanzar.

Las muestras que son recopiladas por el OTDR son promediadas y graficadas para mostrar el nivel de señal en función de la distancia, se puede realizar mediciones para la atenuación de empalmes y conectores, determinar distancia a la que se produjo un corte.

Observemos el ejemplo para una tarjeta OTDR utilizada en los procedimientos de detección de fallas de una compañía de telecomunicaciones X del medio (Figura 5.29), el cual cuenta con parámetros configurables, entre los más importantes están: Índice de refracción, modo de adquisición, distancia, amplitud del impulso y números de muestras. Para lograr una optima detección de eventos en los cables de fibra óptica, los parámetros anteriormente mencionados se deben de seleccionar dependiendo de la infraestructura con que se cuenta, es decir tipo de láser y la fibra empleada en la red, además de los eventos que se requiere medir empalmes,

atenuación, distancia a la que se encuentra un corte de fibra etc.

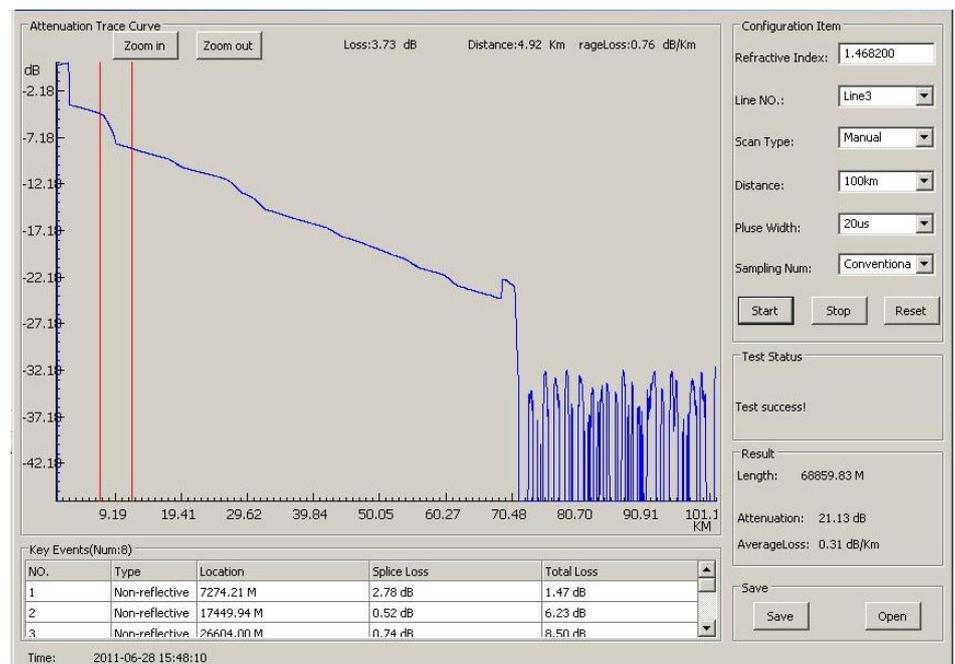


Figura 5.29 Medición de la atenuación de un tramo de fibra utilizando una tarjeta OTDR.

Con el fin de poder analizar el gráfico de la tarjeta OTDR anteriormente expuesto se debe mencionar que el comportamiento lineal decreciente es absolutamente normal debido a que la señal enviada por el OTDR va perdiendo intensidad a medida que recorre la distancia del tramo de fibra analizado. Para entender los demás eventos presentados como reflexión, pérdida, tasa de ruido se lo expone de manera gráfica mediante la Figura 5.30.

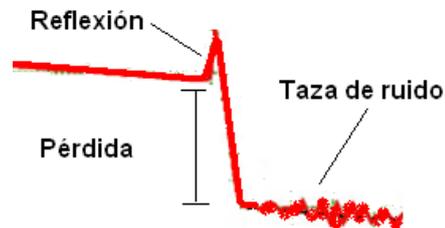


Figura 5.30 Eventos del tramo de fibra óptica mostrados por el OTDR.

Es importante mencionar que durante la ejecución del procedimiento no se hará uso del OTDR por motivos de no contar con el instrumento en el laboratorio y de seguridad para las tarjetas del OSN Optix 1500B, debido a que un manejo no adecuado del mismo podría quemarlas y su reemplazo resulta exageradamente costoso para el objetivo didáctico de esta práctica. Se consideró importante la explicación de su funcionamiento ya que es el instrumento mayormente usado para detectar eventos en la red por parte de las compañías de Telecomunicaciones.

MEDIDOR DE POTENCIA ÓPTICA

Es un instrumento que se puede utilizar para mediciones de potencia óptica absoluta, así como para las mediciones de pérdida relativa de las fibras ópticas. Dispone de adaptadores de la fibra para la conexión del cable de fibra óptica y un

fotodiodo de superficie fotosensible que se utiliza para mejorar significativamente la estabilidad y la fiabilidad. Además cuenta con un selector de longitud de onda para variarla dependiendo de la medición a realizar. Su fuente de emisión puede ser LED o láser adecuado a la longitud de onda.

Para esta práctica el equipo a utilizar será el Medidor de Potencia Óptica Manual JOINWIT JW3206 que se muestra en la Figura 5.31. Este equipo proporciona cinco longitudes de onda de calibración disponibles para pruebas (850, 980, 1300, 1310 y 1550 nm) y realiza mediciones de potencia en dBm. La gran mayoría de las medidas de atenuación deberán ser efectuadas a la longitud de onda de 1550 nm. La interfaz de conexión para la fibra óptica que dispone es para conectores FC.



Figura 5.31 Medidor de Potencia Óptica Manual JOINWIT JW3206

Durante la realización de esta práctica se verificará con el Medidor de Potencia Óptica Manual el valor de atenuación apropiado para un tramo de fibra, basándose del cálculo que realizará en función de los siguientes parámetros:

Sensibilidad: Son los valores de mínimos de energía a los cuales la tarjeta puede trabajar. Estos valores dependen de las especificaciones técnicas de los equipos, pero como ejemplo podemos mencionar que cuando la señal se atenúa a más de -31dbm la tarjeta deja de funcionar

Sobrecarga: Corresponde a los valores máximos de energía a los cuales la tarjeta puede trabajar sin quemarse.

Como información adicional referente a esta práctica se menciona que para determinar la calidad de los empalmes para los cables de fibras ópticas, las normas de la ITU-T G-671, TIA/EIA-568-A, ISO/IEC 11801 establecen que el valor de atenuación para empalmes debe estar en el rango de 0.01 dB - 0.08 dB.

En esta práctica por tratarse de equipos Huawei y por recomendaciones de su personal técnico se usará los siguientes ajustes

-3db → recomendable restarle a la sobrecarga.

+5db → recomendable sumarle a la sensibilidad.



Figura 5.32 Cálculo del valor de potencia ideal para la tarjeta SLD4.

En la Figura 5.32 se hace uso de las especificaciones técnicas de la tarjeta N1SLD4 y de los ajustes recomendados por el personal de Huawei para el cálculo del valor ideal de potencia.

Las pérdidas estándar a considerarse durante la vida útil de la fibra serán: 2.5db/km y 0.2db/patchcore, por lo que se recomienda que el valor ideal de potencia tenga una tendencia hacia la sobrecarga. La recomendación es que la tendencia hacia la sobrecarga sea contralada mediante el uso de atenuadores, los mismos que se irán quitando a medida que se presente el desgaste de la fibra.

5.7.4.RECOMENDACIONES

Cuando en un ambiente de producción se efectúen mediciones usando el instrumento OTDR es necesario desconectar el cable de fibra de las tarjetas ya que la señal que envía el OTDR puede quemarla debido a sus especificaciones. También es recomendable disponer de hilos libres de fibra para este tipo de fines.

Es recomendable que el valor de potencia que se calcule para el tramo de fibra se aproxime el valor de sobrecarga de los parámetros técnicos de la tarjeta debido a que el nivel de potencia en la fibra se puede ver afectado por la atenuación con el pasar del tiempo.

5.7.5. CONCLUSIONES

La aproximación del valor de potencia hacia el valor de sobrecarga de los parámetros técnicos de la tarjeta se soluciona de manera sencilla colocando atenuadores en los conectores de fibra de acuerdo a lo realizado en el procedimiento de la práctica.

Un valor elevado de potencia a la entrada de la tarjeta óptica puede dañarla de manera irreversible debido a las especificaciones técnicas que la tarjeta que las dependiendo de las especificaciones técnicas que la tarjeta tenga.

CONCLUSIONES

1. El Optix 1500B es un equipo que no es usualmente usado dentro de la capa de núcleo de la red para las compañías de Telecomunicaciones ya que no maneja gran cantidad de información debido a su estructura física que dispone de una cantidad menor de ranuras para la colocación de tarjetas en comparación con otros equipos del mismo fabricante de la serie OSN. Adicionalmente la capacidad de servicios que se pueden crear en las tarjetas es limitada de acuerdo a las características técnicas descritas en el capítulo 4.
2. T2000 es un Sistema de Gestión de Redes Ópticas propietario de Huawei que realiza funciones de gestión de alto nivel, además de las monitoreo y control para redes de transmisión.
3. La sincronización y temporización forma parte de la configuración básica de los OSN ya que debido a su tecnología SDH, es decir sincrónica, requiere una portadora de reloj que los coordine entre sí, esta situación se verificó en la práctica con la presencia de las alarmas menores en los equipos las cuales se superan una vez realizada la configuración de la estructura de reloj.

4. Durante el procedimiento de la práctica Implementación de protecciones se verificó mediante la simulación de un corte de fibra que el mecanismo de protección MSP está diseñado para proteger el tráfico entre dos elementos adyacentes en la red y no proporciona protección para una falla total del nodo.

5. Cada uno de los dos puertos SDH de la tarjeta 12-N1SLD4 de línea utilizada para la interconexión entre los OSN es dividido lógicamente en cuatro VC4. Cada uno de los cuatro puertos lógicos VC4 de la tarjeta 12-N1SLD4 de nuestra práctica es dividido lógicamente en 63 VC12.

6. Los servicios que se crean con los equipos OPTIX OSN 1500 B utilizados permiten diferentes tasas de transferencia, siendo E1 (2 Mbps) la tasa más baja que se puede implementar basándonos en la granularidad VC-4 de la teoría SDH y en las opciones configurables de la creación de servicios del programa T2000 Client.

7. Se puede establecer servicios de nivel EPL usando la tarjeta EGT2 mediante la configuración de parámetros en los puertos internos y externos y de las correctas cross-conexiones con las tarjetas de línea.

8. Las alarmas no reconocidas en el momento de la falla siguen apareciendo aún después de superado el incidente. Esto se comprobó mediante la observación de las alarmas generadas durante la simulación de los cortes de fibra del procedimiento de la práctica Detección y Configuración de Alarmas para Diferentes Escenarios. Luego de terminada la simulación las alarmas siguieron presentes pero se remarcaron automáticamente en color verde claro para diferenciarse de las alarmas que aún representan una anomalía en la red.

9. El modo de reversión que se debe configurar en los OSN es el modo de Reversión Automática debido a que durante el procedimiento de la práctica Configuración de alarmas y monitoreo se verificó que permite cambio sobre las tareas de habilitación/des habilitación de alarmas siendo de gran utilidad para la depuración de fallas en la red.

10. Orderwire es un sistema de comunicaciones de voz que no tiene ni depende de una central de conmutación debido a que es propiedad de la red empleando una parte de su ancho de banda. Esto se comprobó durante la práctica mediante la configuración de la tarjeta EOW para aplicaciones orderwire.

11. La aproximación del valor de potencia hacia el valor de sobrecarga de los parámetros técnicos de la tarjeta se soluciona de manera sencilla colocando atenuadores en los conectores de fibra de acuerdo a lo realizado en el procedimiento de la práctica

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable identificar con claridad los principales elementos que componen el equipo Optix OSN 1500B para la correcta manipulación de los mismos durante todo el desarrollo de la serie de prácticas que componen este proyecto.
2. En una red de un ambiente de producción se recomienda que se cuente con un reloj externo de alta calidad de acuerdo al estándar G.811 que describe un PRC y hacia el cual se tenga alta disponibilidad pues en un tiempo prolongado se podría tener inconvenientes por la degradación de la señal de reloj. En este ambiente de laboratorio se especificó manualmente la máxima calidad en la estación maestra pero eso no cambia las características de oscilación del equipo. Si no es posible tener un equipo PRC se recomienda contar al menos un equipo externo a la red que defina la señal de reloj, de esta manera, la interpretación de los datos tendrá menor probabilidad de verse afectada.
3. Se debe tener especial cuidado cuando se trate de combinar la configuración de servicios automáticos con la configuración de servicios manuales explicados en la práctica Configuración de

Servicios Manuales debido a que puede producirse un conflicto por un puerto lógico de tiempo que ya esté en uso.

4. Se recomienda tener cuidado con el arreglo y manipulación de los cables de fibra óptica: Procurar que no presenten ángulos de curvatura muy pronunciados, permanezcan estirados, sean aplastados por un objeto pesado que pueda deformarlos y evitar que al ser enrollados el seguro quede demasiado ajustado.
5. Debido a la adaptación de los servicios SDH basados en la granularidad VC-4 consideramos que la creación de servicios se convierte en un sistema flexible y atractivo, siendo recomendable para las grandes compañías de telecomunicaciones adaptarlo a plataformas de alta densidad como las redes DWDM, caracterizadas por sus enormes capacidades de transmisión y transparencia, para lograr satisfacer a los clientes grandes y pequeños al ofrecerle transmisión de servicios con diferentes tasas de transferencia.
6. Para la elaboración de las prácticas se recomienda realizar las configuraciones de los servicios de manera automática por motivos de agilidad y mejor distribución del tiempo para el procedimiento de esta práctica.

7. Durante este proyecto se aprendió que es recomendable realizar la administración de alarmas en cada nodo por separado cuando se tiene el manejo de una red compuesta de un número elevado de elementos.

ANEXOS

ANEXO A

TOPOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS DE LAS PRÁCTICAS DE CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS OPTIX OSN 1500B

Se adjunta en formato digital cada una de las prácticas mencionadas en el Capítulo 5, completamente desarrolladas, a fin de que se cumpla con el objetivo de ser utilizadas para fines académicos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Morató, Daniel, Topologías en redes SDH, [https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba09_10/slides/25-](https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba09_10/slides/25-TopologiasYTransporteSDH.pdf)

[TopologiasYTransporteSDH.pdf](https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba09_10/slides/25-TopologiasYTransporteSDH.pdf), fecha de consulta mayo 2011.

[2] Chacha Julio, Estudio de la tecnología Ethernet sobre SDH (Synchronous Digital Hierarchy) y pruebas de canalización utilizando multiplexores HI7070, para el trayecto Quito y Guayaquil de la Red de TRANSELECTRIC S.A., Escuela Politécnica Nacional, <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1843/1/CD-2788.pdf>, fecha de

publicación marzo 2010, Pág. 31.

[3] Huawei Technologies Co. Ltd., OTA000006 SDH Networking and Protection ISSUE 1.20, Documentación del CD ROM del fabricante, fecha de consulta febrero 2011.

[4] Moreta Milton y Malave Mario, Redes SDH para transporte de señales XDSL,

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3170/1/5688.pdf>, fecha de publicación 2004.

[5] RAD, Wide Area Networks Computer Networking, http://www.pulsewan.com/data101/sdh_basics.htm, fecha de consulta julio 2011.

[6] ITU-T, ITU-T Recommendation G.707/Y.1322 Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH), <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707-200701-I>, fecha de última actualización enero 2007.

[7] Calyptech, Introduction to the Synchronous Digital, <http://www.calyptech.com/pdf/Introduction-to-SDH.pdf>, fecha de consulta febrero 2011.

[8] Huawei Technologies Co. Ltd., OTA000004 SDH Principle ISSUE 2.30, Documentación del CD ROM del fabricante, fecha de consulta febrero 2011.

[9] Culqui Germán, Estudio y diseño de una red de transmisiones de Fibra óptica NG–SDH, entre las ciudades de Quito, Latacunga y Ambato, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, <http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/356/1/T-ESPE-021749.pdf>, fecha de publicación 2009.

[10] Huawei Technologies Co. Ltd., OptiX OSN 1500 Hardware Description Manual - Boards, Documentación del CD ROM del fabricante, fecha de consulta febrero 2011.

[11] ITU-T G.783, Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.783-200603-I>, fecha de última actualización marzo 2006.

[12] Huawei Technologies Co. Ltd., OTA105101 OptiX OSN 1500 Hardware Description ISSUE 1.30, Documentación del CD ROM del fabricante, fecha de consulta febrero 2011.

[13] Huawei Technologies Co. Ltd., OptiX OSN 1500 Intelligent Optical Transmission System V100R008 Hardware Description, Documentación del CD ROM del fabricante, fecha de publicación diciembre 2007.

[14] Cisco Systems & Panduit, Principios Básicos de la Infraestructura de Redes Panduit v2.0 <http://guiadeestudiocisco.blogspot.com/2011/02/pnie-v20-spanish-panduit-network.html>, fecha de consulta junio 2011.

[15] ITU-T G.652, Characteristics of a single-mode optical fibre and cable, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-200911-I>, fecha de última actualización noviembre 2009.

[16] Huawei Technologies Co. Ltd., SDH Principle - Overhead and Pointer, <http://www.electrozone.co.cc/sdh/Chapter3.pdf>, fecha de consulta mayo 2011.

[17] Hackbarth K. D., Arquitectura de Redes Propietarias, <http://www.tlmat.unican.es/siteadmin/submaterials/427.pdf>, fecha de publicación octubre 2010.

[18] Feijoo Juan, Sincronización de redes de telecomunicación mediante técnicas de aprendizaje estadístico, http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/5144/1/Tesis_JuanRamon_Feijoo_Martinez.pdf, fecha de publicación octubre 2008.

[19] Huawei Technologies Co. Ltd., Timing and Synchronization <http://www.electrozone.co.cc/sdh/Chapter7.pdf>, fecha de publicación mayo 2001.

[20] Huawei Technologies Co. Ltd., OTA050101 Ethernet Service Introduction ISSUE 1.20, <http://www.docin.com/p-95260533.html>, fecha de consulta julio 2011.

[21] Huawei Technologies Co. Ltd., Optix OSN 1500 Technical Manual - Networking and Application - Ethernet Service Networking, Documentación del CD ROM del fabricante, fecha de consulta julio 2011.

[22] Culqui Germán, Estudio y Diseño de una Red de Transmisiones de fibra óptica NG-SDH, entre las ciudades de Quito, Latacunga y Ambato, <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/356/1/T-ESPE-021749.pdf>, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, fecha de publicación 2009.

[23] Marconi Communications, Synchronous Digital Hierarchy (SDH), <http://www.electrozone.co.cc/sdh/marconi.sdh.pdf>, fecha de consulta febrero 2011.

[24] ITU, SDH Concepts, PPT-Transmission Technology Session (SDH) ITU, <http://www.itu.int/ITU-D/asp/Events/ITU-BSNL-India/presentations/5-Transmission%20Technology%20Session%20%28SDH%29.pdf>, fecha de consulta junio 2011.

[25] Huawei Technologies Co. Ltd., SDH Principle - The frame Structure and Multiplexing Method of SDH Signals, <http://www.electrozone.co.cc/sdh/Chapter2.pdf>, fecha de consulta mayo 2011.

[26] Huawei Technologies Co. Ltd., SDH Principle - Logic Composition of SDH Equipment, <http://www.electrozone.co.cc/sdh/Chapter4.pdf>, fecha de consulta mayo 2011.

[27] Huawei Technologies Co. Ltd., SDH Network Structure and Network Protection Mechanism, <http://www.electrozone.co.cc/sdh/Chapter5.pdf>, fecha de publicación febrero 2005.

[28] Huawei Technologies Co. Ltd., Optix OSN 1500 Technical Manual - Networking and Application - Network Topology, Documentación del CD ROM del fabricante, fecha de consulta febrero 2011.

[29] Generalidades: Wikipedia La Enciclopedia Libre, Optical attenuator, http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_attenuator , fecha de consulta julio 2011.