



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

***Respeto hacia sí mismo y hacia los demás***

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE  
TRANSMISIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA DE LA  
CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP)  
EN EL SEGMENTO SANTO DOMINGO – ESMERALDAS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**JUAN FERNANDO VILLEGAS MENDIETA**  
**juanfer\_villegas270988@hotmail.com**

**DIRECTORA: ING. TANIA IVANOVA PÉREZ RAMOS**  
**tania.perez@mailfie.epn.edu.ec**

**Quito, Junio 2014**

## DECLARACIÓN

Yo, Juan Fernando Villegas Mendieta, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Ing. Juan Fernando Villegas Mendieta

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Fernando Villegas Mendieta, bajo mi supervisión.

---

**ING. Tania Pérez Ramos**  
**DIRECTORA DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTO

A DIOS por brindarme unos padres que siempre estuvieron, están y estarán ahí cuando más los necesite. Por su apoyo incondicional. Gracias JORGE y MARLENE por toda una vida de cariño, amor, comprensión y enseñanzas, que harán de mi un gran hombre y ahora un gran profesional.

A los Ingenieros de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones de la Red Troncal de Fibra Óptica, ya que sin su ayuda y su aporte este logro no sería posible.

A los Ingenieros y Profesores de la Escuela Politécnica Nacional por transmitir sus conocimientos y experiencias, en especial a usted Ingeniera Tania que gracias a su apoyo y entrega estoy cumpliendo un objetivo más en la vida.

A ti VSMS por ser mi apoyo incondicional y llegar a mi vida en el momento justo.

A los amigos y compañeros de la Universidad por su amistad, siempre los recordaré y espero verlos muy pronto en la vida profesional.

## DEDICATORIA

A mi MADRE por ser mi mayor inspiración, este es mi mayor logro hasta el momento y no lo hubiese logrado sin ti. Me enseñaste todo lo que se puede enseñar para salir adelante en la vida. Y me siento orgulloso de la madre que tengo, TE AMO.

A mi PADRE por el apoyo incondicional y tenerme la paciencia para enseñarme que la vida es dura y que todo se logra desde uno mismo.

A mis hermanos Andrea Paola y Ricardo Javier por su cariño y comprensión, vean esto como un ejemplo de dedicación y esfuerzo para estar juntos siempre.

A todos mis amigos, que desde la infancia me han apoyado y han confiado en mí. Este es un logro para todos, porque esta es la meta que anhelamos tener y de uno en uno lo iremos logrando.

## CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIX
RESUMEN.....	XXII
PRESENTACIÓN.....	XXIII
CAPÍTULO I.....	1
CONCEPTOS SOBRE LA TECNOLOGÍA NGSDH APLICADA EN FIBRA ÓPTICA.....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 ASPECTOS BÁSICOS SDH .....	1
1.2 ESQUEMA DE MULTIPLEXACIÓN .....	2
1.2.1 MAPEO.....	2
1.2.2 ALINEACIÓN.....	2
1.2.3 MULTIPLEXACIÓN .....	2
1.2.4 RELLENO.....	3
1.3 JERARQUÍA DE RED.....	3
1.3.1 CAPA FOTÓNICA.....	4
1.3.2 CAPA SECCIÓN DE REGENERACIÓN .....	4
1.3.3 CAPA SECCIÓN DE MULTIPLEXACIÓN .....	4
1.3.4 CAPA DE RUTA DE ACCESO .....	4
1.4 FORMATO DE LA TRAMA STM-1.....	6
1.4.1 CABECERA SDH.....	6
1.4.1.1 Encabezado de sección de regeneración (RSOH).....	7
1.4.1.1.1 A1 y A2 .....	7

1.4.1.1.2 J0 .....	7
1.4.1.1.3 B1.....	7
1.4.1.1.4 E1.....	8
1.4.1.1.5 F1.....	8
1.4.1.1.6 D1, D2, D3.....	8
1.4.1.2 Encabezado de la sección de multiplexación (MSOH).....	8
1.4.1.2.1 B2.....	8
1.4.1.2.2 K1 y K2 .....	8
1.4.1.2.3 D4 a D12.....	9
1.4.1.2.4 S1.....	9
1.4.1.2.5 M1 .....	9
1.4.1.2.6 E2.....	9
1.4.1.3 Encabezado de trayecto de orden superior VC-3/VC-4.....	9
1.4.1.3.1 J1 .....	9
1.4.1.3.2 B3.....	9
1.4.1.3.3 C2 .....	10
1.4.1.3.4 G1 .....	10
1.4.1.3.5 F2.....	10
1.4.1.3.6 H4 .....	10
1.4.1.3.7 F3.....	10
1.4.1.3.8 K3.....	10
1.4.1.3.9 N1 .....	10
1.4.1.4 Cabecera de trayecto de orden inferior VC-11/VC-12.....	10
1.4.1.4.1 V5.....	10
1.4.1.4.2 J2 .....	10
1.4.1.4.3 N2 .....	11
1.4.1.4.4 K4.....	11
1.4.2 CONTENEDORES VIRTUALES.....	11
1.4.2.1 Contenedores virtuales SDH .....	11
1.4.2.1.1 VC-11.....	12
1.4.2.1.2 VC-12.....	12
1.4.2.1.3 VC-2.....	12
1.4.2.1.4 VC-3.....	12

1.4.2.1.5 VC-4.....	12
1.5 LIMITACIONES DE SDH.....	12
1.6 ¿POR QUÉ NEXT GENERATION SDH?.....	13
1.6.1 NUEVOS SERVICIOS .....	15
1.7 PROTOCOLOS DE TRANSMISION NGSDH.....	16
1.8 PROCEDIMIENTO DE ENTRAMADO GENÉRICO (GENERIC FRAMING PROCEDURE, GFP) .....	16
1.8.1 MAPEO GFP .....	17
1.8.1.1 Mapeo de trama GFP (GFP-F).....	17
1.8.1.2 Mapeo de transparencia GFP (GFP-T).....	18
1.8.1.3 GFP-F vs GFP-T.....	18
1.8.2 ESTRUCTURA DE LA TRAMA GFP.....	19
1.8.2.1 Encabezado principal .....	21
1.8.2.1.1 Indicador de longitud de carga útil (Payload Lenght Indicator, PLI) .....	21
1.8.2.1.2 HEC principal (Core HEC, cHEC).....	21
1.8.2.2 Encabezado de carga útil .....	21
1.8.2.2.1 Identificador del tipo de carga útil (Payload Type Identifier, PTI).....	22
1.8.2.2.2 Indicador de FCS de carga útil (Payload FCS Indicator, PFI).....	22
1.8.2.2.3 Identificador de cabecera de extensión (Extension Header Identifier EXI).....	22
1.8.2.2.4 Identificador de carga útil de usuario. (User Payload Identifier, UPI) .....	23
1.8.2.2.5 Campo de tipo HEC (Type HEC Field) .....	23
1.8.2.2.6 Identificador de canal (Channel ID, CID) .....	23
1.8.2.2.7 Reserva .....	23
1.8.2.2.8 Extension HEC (eHEC).....	24
1.8.2.3 Campo de información de carga útil.....	24
1.8.2.3.1 Carga útil FCS .....	24
1.9 CONCATENACIÓN VIRTUAL.....	25
1.9.1 CONCATENACIÓN VIRTUAL DE ORDEN SUPERIOR (HO VCAT).....	27
1.9.1.1 Estructura de la trama HO VCAT .....	27
1.9.1.2 Indicator Multi-trama HO VCAT .....	28
1.9.1.3 Indicador de secuencia de trayecto de orden superior .....	29
1.9.2 CONCATENACIÓN VIRTUAL DE ORDEN INFERIOR (LO VCAT) .....	30

1.9.2.1 Estructura de la trama LO VCAT .....	30
1.9.2.2 Indicador de secuencia y multi-trama LO VCAT .....	31
1.9.3 RETARDO DIFERENCIAL VCAT .....	32
1.9.4 VENTAJAS .....	33
1.9.5 DESVENTAJAS .....	33
1.10 ESQUEMA DE AJUSTE DE LA CAPACIDAD DEL ENLACE (LINK CAPACITY ADJUSTMENT SCHEME, LCAS) .....	33
1.10.1 Paquetes de control LCAS .....	35
1.11 INTEGRACIÓN DE GFP, VCAT Y LCAS.....	35
1.12 ÁREAS DE PRUEBA.....	36
1.12.1 SERVICIO DE TRANSPARENCIA .....	36
1.12.2 ADAPTACIÓN DEL ANCHO DE BANDA .....	37
1.12.3 MECANISMO DE COMPENSACIÓN PARA EL RETARDO DIFERENCIAL.....	37
1.12.4 ADAPTACIÓN DEL ANCHO DE BANDA DINÁMICO .....	38
1.12.5 INTEGRIDAD DE LAS INTERFACES DE LOS NEs.....	38
1.13 SINCRONIZACIÓN DE TRAMAS SDH.....	38
1.13.1 MODO SINCRÓNICO .....	39
1.13.2 MODO SEUDOSINCRÓNICO .....	39
1.13.3 MODO PLESIÓCRONO .....	39
1.13.4 MODO ASINCRÓNICO .....	39
1.14 ELEMENTOS DE UN RED SINCRÓNICA.....	39
1.14.1 REGENERADORES.....	39
1.14.2 MULTIPLEXORES .....	40
1.14.3 MULTIPLEXORES ADD/DROP (ADM) .....	40
1.14.4 TRANSCONECTORES DIGITALES (DIGITAL CROSS-CONNECTS).....	41
1.15 ARQUITECTURA DE RED.....	41
1.15.1 PUNTO A PUNTO .....	41
1.15.2 LINEALES.....	42
1.15.3 ANILLOS.....	42
1.16 PROTECCIONES .....	42
1.16.1 PROTECCIONES DE EQUIPAMIENTO.....	43

1.16.2	RESISTENCIA DE LA RED .....	43
1.16.2.1	Anillo bidireccional (1+1) .....	44
1.16.2.2	Anillo unidireccional (1+1) .....	44
1.16.2.3	Protección de la Sección de Multiplexación (Multiplex Section Protection, MSP) .....	44
1.16.2.4	Protección de Conexión de la Subred (Subnetwork Connection Protection, SNCP) .....	45
1.16.2.5	Anillo de Auto-recuperación Bidireccional (Bidirectional Self-Healing Ring, SHR) .....	45
1.16.2.6	Mitad de Carga .....	46
1.16.3	RESTAURACIÓN .....	46
1.17	GESTIÓN DE LOS ELEMENTOS DE RED .....	46
1.17.1	GESTIÓN ESTÁNDAR DE RED .....	47
1.17.1.1	Gestor.....	47
1.17.1.2	Agente.....	48
1.17.1.3	Base de Información de Gestión (Management Information Base, MIB) .....	48
1.17.1.4	Protocolo de Gestión .....	48
1.17.2	SEÑALES DE MANTENIMIENTO EN SERVICIO.....	48
CAPÍTULO II.....		51
DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL IMPLEMENTADA ENTRE SANTO DOMINGO Y ESMERALDAS.....		51
2.	INTRODUCCIÓN .....	51
2.1	ANTECEDENTES E HISTORIA .....	52
2.2	VISIÓN GLOBAL DE LA RED DE CNT EP .....	54
2.2.1	MISIÓN .....	54
2.2.2	VISIÓN .....	54
2.3	OBJETIVOS.....	55
2.4	ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA RED TRONCAL DE FIBRA ÓPTICA (RTFO)..	55
	.....	55
2.4.1	RECEPCIÓN DE EQUIPOS .....	55
2.4.2	MANTENIMIENTO .....	55

2.4.3	GESTIÓN Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN .....	56
2.4.4	ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS .....	57
2.4.5	PROYECTOS DE MEJORAMIENTO DE LA RED .....	57
2.5	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	57
2.5.1	SISTEMA DE GESTIÓN .....	57
2.5.1.1	Sistema de Gestión OTNM2000.....	59
2.5.1.2	Modos de trabajo OTNM2000 .....	59
2.5.1.2.1	Modo Uniprocador .....	60
2.5.1.2.2	Modo Cliente/Servidor.....	60
2.5.1.2.3	Modo Nivel1/Nivel2 .....	61
2.5.1.2.4	Modo Activo/StandBy.....	62
2.5.2	ESTACIONES QUE CONFORMAN LA RED .....	63
2.5.2.1	Tandapi .....	64
2.5.2.2	Alluriquín .....	65
2.5.2.3	Santo Domingo .....	65
2.5.2.4	La Concordia.....	65
2.5.2.5	La Unión.....	66
2.5.2.6	Quinindé.....	66
2.5.2.7	Viche .....	66
2.5.2.8	Esmeraldas .....	67
2.5.2.8.1	Esmeraldas 3.....	67
2.5.2.8.2	Esmeraldas 2.....	67
2.5.2.9	Tabiazo .....	68
2.5.2.10	Tonsupa .....	68
2.5.2.11	Atacames .....	68
2.5.3	ANÁLISIS DE SERVICIOS ACTUALES.....	69
2.5.3.1	Matriz de tráfico a nivel de VC12.....	70
2.5.3.2	Matriz de tráfico a nivel de VC3.....	71
2.5.3.3	Matriz de tráfico a nivel de STM-1 (VC-4).....	72
2.5.4	ANÁLISIS DE PLANTA EXTERNA.....	73
2.5.4.1	Enlace Tandapi – Alluriquín.....	74
2.5.4.2	Enlace Alluriquín – Santo Domingo.....	74
2.5.4.3	Enlace Santo Domingo – La Concordia .....	75

2.5.4.4	Enlace La Concordia – La Unión.....	76
2.5.4.5	Enlace La Unión – Quinindé.....	76
2.5.4.6	Enlace Quinindé – Viche .....	77
2.5.4.7	Enlace Viche – Esmeraldas 3.....	78
2.5.4.8	Enlace Esmeraldas 3 – Esmeraldas 2 .....	79
2.5.4.9	Enlace Esmeraldas 3 – Tabiazo.....	79
2.5.4.10	Enlace Esmeraldas 3 – Tonsupa.....	80
2.5.4.11	Enlace Tonsupa – Atacames.....	81
2.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROBLEMAS EN LA RED .....	81
2.7	PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA RED .....	83
CAPÍTULO III.....		84
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA PARA LA RED .....		84
3.	INTRODUCCIÓN .....	84
3.1	ANÁLISIS DE TRÁFICO EXISTENTE Y DEMANDA PROYECTADA .....	84
3.1.1	PROYECCIÓN DE CAPACIDADES.....	89
3.2	REDISEÑO DE LA RED NGSDH SANTO DOMINGO – ESMERALDAS.....	91
3.2.1	CAPACIDADES DE LAS ESTACIONES REDISEÑADAS DE LA RED .....	93
3.2.1.1	Aloag .....	93
3.2.1.2	Santo Domingo .....	94
3.2.1.3	La Concordia.....	94
3.2.1.4	La Unión.....	94
3.2.1.5	Quinindé.....	95
3.2.1.6	Viche .....	95
3.2.1.7	Esmeraldas .....	96
3.2.1.7.1	Esmeraldas 3.....	96
3.2.1.7.2	Esmeraldas 2.....	96
3.2.1.8	Tonsupa .....	97
3.2.2	CREACIÓN Y MIGRACIÓN DE SERVICIOS.....	97
3.2.2.1	Creación de servicios .....	97
3.2.2.1.1	Directo .....	98
3.2.2.1.2	Discreto.....	98

3.2.2.2	Migración de servicios .....	99
3.2.3	PLANTA EXTERNA .....	100
3.3	SISTEMA DE GESTIÓN T2000 OPTIX IMANAGER.....	100
3.3.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE GESTIÓN T2000.....	102
3.3.1.1	Administración de configuración.....	102
3.3.1.2	Administración de alarmas y averías .....	102
3.3.1.3	Administración de funcionamiento. ....	103
3.3.1.4	Administración de la seguridad de usuario. ....	103
3.3.2	IDENTIFICACIÓN DE NOMBRES.....	103
3.3.2.1	Elementos de red (NE) .....	103
3.3.2.2	Usuarios y grupos .....	104
3.3.3	ARQUITECTURA FUNCIONAL.....	105
3.3.4	ARQUITECTURA FÍSICA .....	107
3.3.5	ARQUITECTURA DE INFORMACIÓN.....	110
3.3.6	MANEJO DE CAPAS.....	113
3.3.6.1	Capa de Elementos de Red (Network Element Layer, NEL).....	114
3.3.6.2	Capa de Gestión de Elementos de Red (Network Element Management Layer, NEML).....	115
3.3.6.3	Capa de Gestión de Red (Network Management Layer, NML).....	115
3.3.6.4	Capa de Gestión de Servicios (Service Management Layer, SML) .....	115
3.3.6.5	Capa de Gestión de Negocios (Business Management Layer, BML). ....	116
3.3.7	MANEJO DE ALARMAS.....	116
3.3.7.1	Clases de Alarmas.....	117
3.3.7.2	Severidad de las alarmas. ....	117
3.3.7.3	Estado de las alarmas .....	118
CAPÍTULO IV	.....	120
DETERMINACIÓN DE COSTOS Y DEFINICIÓN DE PRODUCTOS.....		120
4.	INTRODUCCIÓN .....	120
4.1	EQUIPOS HUAWEI .....	120
4.1.1	SERVICIOS Y FUNCIONES.....	121
4.1.2	OSN 3500.....	123
4.1.2.1	Configuración del Gabinete .....	124

4.1.2.2	Subrack de un OptiX OSN 3500.....	125
4.1.2.2.1	Estructura .....	126
4.1.2.2.2	Distribución de ranuras (slots) .....	126
4.1.2.3	Lista y clasificación de tarjetas .....	127
4.1.2.3.1	Tarjetas SDH .....	128
4.1.2.3.2	Tarjetas PDH .....	128
4.1.2.3.3	Tarjetas de procesamiento de datos.....	129
4.1.2.3.4	Tarjetas SCC y cross-conectoras .....	130
4.1.2.3.5	Otras tarjetas .....	131
4.2	EQUIPOS ZTE .....	131
4.2.1	ZXMP S385 .....	132
4.2.1.1	Características .....	132
4.2.1.1.1	Servicio flexible y de gran capacidad para la capacidad de envío.....	132
4.2.1.1.2	Gran capacidad de acceso de servicios múltiples.....	133
4.2.1.1.3	Equipo de protección altamente confiable y completa .....	133
4.2.1.1.4	Protección de la red inteligente.....	133
4.2.1.1.5	Escalabilidad excepcional .....	134
4.2.1.1.6	Diseño de sonido, facilitando la operación y mantenimiento .....	134
4.2.1.2	Capacidad de extensión y cross-conexión.....	134
4.2.1.3	Interfaces ópticas.....	135
4.2.1.4	Interfaces eléctricas .....	135
4.2.1.5	Estructura del gabinete.....	135
4.2.1.6	Estructura del Sub-rack .....	136
4.2.1.7	Tarjetas ZXMP S385.....	137
4.2.1.8	Ranuras.....	138
4.3	ANÁLISIS DE COSTOS .....	139
4.3.1	COSTOS DE EQUIPOS HUAWEI.....	140
4.3.2	COSTOS DE EQUIPOS ZTE.....	142
4.3.3	ANÁLISIS DE COSTOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS .....	144
CAPÍTULO V .....		145
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	145
5.1	CONCLUSIONES .....	145

5.2 RECOMENDACIONES.....	147
BIBLIOGRAFÍA.....	149
TERMINOLOGÍA.....	151
ANEXOS.....	159
ANEXO 1.....	160
CARACTERÍSTICAS EQUIPO HUAWEI OPTIX OSN 3500.....	160
ANEXO 2.....	184
CARACTERÍSTICAS EQUIPO ZTE ZXMP S385.....	184

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1.1	Jerarquía de Multiplexación SDH.....	3
Figura 1.2	Capas de la Red SDH.....	5
Figura 1.3	Formato trama STM-1.....	6
Figura 1.4	Formato cabecera SDH.....	7
Figura 1.5	Mapeo de la señal de clientes sobre GFP.....	16
Figura 1.6	Tramas GFP-T vs GFP-F.....	19
Figura 1.7	Tipos de tramas GFP.....	20
Figura 1.8	Estructura genérica de trama GFP.....	20
Figura 1.9	Estructura de Trama GFP-F vs GFP-T.....	24
Figura 1.10	VC-3/4-Xv.....	28
Figura 1.11	Estructura de la multi-trama de trayecto de alto orden.....	29
Figura 1.12	Indicador de secuencia en una multi-trama VCAT de trayecto de orden superior.....	29
Figura 1.13	VC-n-Xv SDH.....	31
Figura 1.14	Estructura de la multi-trama LO VCAT.....	31
Figura 1.15	Transmisión del protocolo LCAS.....	34
Figura 1.16	Integración de GFP, VCAT y LCAS.....	36
Figura 1.17	Bloque Regenerador y Principio de Regeneración.....	39
Figura 1.18	Bloque Multiplexor y Principio de Multiplexación.....	40
Figura 1.19	Bloque Multiplexor Add/Drop y Principio de Multiplexación Add/Drop..	40
Figura 1.20	Transconector Digital.....	41
Figura 1.21	Topología Punto a Punto sin protección.....	41
Figura 1.22	Topología Punto a Punto con protección.....	41
Figura 1.23	Topología Lineal.....	42
Figura 1.24	Topología en Anillo.....	42
Figura 1.25	Protección Bidireccional (1+1).....	44
Figura 1.26	Protección MSP 1+1.....	45

Figura 1.27	Protección MSP 1+N.....	45
Figura 1.28	Estructura de una Red Gestionada.....	47

## CAPÍTULO 2

Figura 2.1	Distribución Nacional de la Red de Fibra Óptica año 2003.....	52
Figura 2.2	Estructura OTNM2000.....	59
Figura 2.3	Modo Uniprocador OTNM 2000.....	60
Figura 2.4	Modo Cliente/Servidor OTNM 2000.....	60
Figura 2.5	Modo Nivel1/Nivel2 OTNM 2000.....	62
Figura 2.6	Modo Activo/StandBy OTNM 2000.....	63
Figura 2.7	Red Fiberhome SDH Santo Domingo – Esmeraldas.....	64

## CAPÍTULO 3

Figura 3.1	Red Huawei sin implementación.....	91
Figura 3.2	Red Fiberhome SDH Santo Domingo – Esmeraldas.....	92
Figura 3.3	Red Huawei con implementación.....	92
Figura 3.4	Red Punto – Punto.....	98
Figura 3.5	Esquema de Integración SDH a NGSDH.....	99
Figura 3.6	Sistemas de Gestión iManager.....	101
Figura 3.7	Arquitectura física de una TMN.....	110
Figura 3.8	Interacción entre Agente, Gestor y Objetos Gestionados.....	112
Figura 3.9	Capas del Protocolo Q sobre el Modelo OSI.....	113
Figura 3.10	Modelo de capas OSF.....	114

## CAPÍTULO 4

Figura 4.1	Transporte y protección de tributarios.....	122
Figura 4.2	OptiX OSN 3500.....	123
Figura 4.3	Componentes y arquitectura del Optix OSN 3500.....	124
Figura 4.4	Configuración del Gabinete OSN 3500.....	124

Figura 4.5	Unidad de distribución de potencia OSN 3500.....	125
Figura 4.6	Estructura del subrack OSN 3500.....	126
Figura 4.7	Distribucion de ranuras OSN 3500.....	127
Figura 4.8	Equipo ZXMP S385.....	132
Figura 4.9	Estructura y configuración del gabinete S385.....	136
Figura 4.10	Estructura subrack S385.....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

Tabla 1.1	Velocidades de datos comunes SDH.....	2
Tabla 1.2	Características GFP-F y GFP-T.....	19
Tabla 1.3	Tipo y descripción de PTI.....	22
Tabla 1.4	Valores y descripción de PFI.....	22
Tabla 1.5	Valores y descripción de EXI.....	22
Tabla 1.6	Valores y descripción UPI.....	23
Tabla 1.7	Contenedores de concatenación contigua para SDH.....	25
Tabla 1.8	Unidades tributarios para SDH.....	25
Tabla 1.9	Eficiencia del ancho de banda usando VCAT.....	27
Tabla 1.10	Tipos de contenedores de trayecto de orden inferior.....	30

### CAPÍTULO 2

Tabla 2.1	Estructura y capacidad Estación Tandapi.....	64
Tabla 2.2	Estructura y capacidad Estación Alluriquín.....	65
Tabla 2.3	Estructura y capacidad Estación Santo Domingo.....	65
Tabla 2.4	Estructura y capacidad Estación La Concordia.....	66
Tabla 2.5	Estructura y capacidad Estación La Unión.....	66
Tabla 2.6	Estructura y capacidad Estación Quinidé.....	66
Tabla 2.7	Estructura y capacidad Estación Viche.....	67
Tabla 2.8	Estructura y capacidad Estación Esmeraldas 3.....	67
Tabla 2.9	Estructura y capacidad Estación Esmeraldas 2.....	67
Tabla 2.10	Estructura y capacidad Estación Tabiazo.....	68
Tabla 2.11	Estructura y capacidad Estación Tonsupa.....	68
Tabla.2.12	Estructura y capacidad Estación Atacames.....	68
Tabla 2.13	Matriz de tráfico a nivel de VC12.....	70
Tabla 2.14	Matriz de tráfico a nivel de VC3.....	71
Tabla 2.15	Matriz de tráfico a nivel de STM-1.....	72

Tabla 2.16	Distribución de hilos enlace Tandapi – Alluriquín.....	74
Tabla 2.17	Longitud física y óptica enlace Tandapi – Alluriquín.....	74
Tabla 2.18	Distribución de hilos enlace Alluriquín – Santo Domingo.....	74
Tabla 2.19	Longitud física y óptica enlace Alluriquín – Santo Domingo.....	75
Tabla 2.20	Distribución de hilos enlace Santo Domingo – La Concordia.....	75
Tabla 2.21	Longitud física y óptica enlace Santo Domingo – La Concordia.....	75
Tabla 2.22	Distribución de hilos enlace La Concordia – La Unión.....	76
Tabla 2.23	Longitud física y óptica enlace La Concordia – La Unión.....	76
Tabla 2.24	Distribución de hilos enlace La Unión – Quinindé.....	77
Tabla 2.25	Longitud física y óptica enlace La Unión – Quinindé.....	77
Tabla 2.26	Distribución de hilos enlace Quinindé – Viche.....	77
Tabla 2.27	Longitud física y óptica enlace Quinindé – Viche.....	77
Tabla 2.28	Distribución de hilos enlace Viche – Esmeraldas 3.....	78
Tabla 2.29	Longitud física y óptica enlace Viche – Esmeraldas 3.....	78
Tabla 2.30	Distribución de hilos enlace Esmeraldas 3 – Esmeraldas 2.....	79
Tabla 2.31	Longitud física y óptica enlace Esmeraldas 3 – Esmeraldas 2.....	79
Tabla 2.32	Distribución de hilos enlace Esmeraldas 3 – Tabiazo.....	79
Tabla 2.33	Longitud física y óptica enlace Esmeraldas 3 – Tabiazo.....	80
Tabla 2.34	Distribución de hilos enlace Esmeraldas 3 – Tonsupa.....	80
Tabla 2.35	Longitud física y óptica enlace Esmeraldas 3 – Tonsupa.....	80
Tabla 2.36	Distribución de hilos enlace Tonsupa – Atacames.....	81
Tabla 2.37	Longitud física y óptica enlace Tonsupa – Atacames.....	81

### **CAPÍTULO 3**

Tabla 3.1	Estructura y capacidad Estación Aloag.....	93
Tabla 3.2	Estructura y capacidad Estación Santo Domingo.....	94
Tabla 3.3	Estructura y capacidad Estación La Concordia.....	94
Tabla 3.4	Estructura y capacidad Estación La Union.....	95
Tabla 3.5	Estructura y capacidad Estación Quinindé.....	95
Tabla 3.6	Estructura y capacidad Estación Viche.....	95

Tabla 3.7	Estructura y capacidad Estación Esmeraldas 3.....	96
Tabla 3.8	Estructura y capacidad Estación Esmeraldas 2.....	96
Tabla 3.9	Estructura y capacidad Estación Tonsupa.....	97
Tabla 3.10	Abreviaturas de las estaciones.....	104
Tabla 3.11	Clases y funciones de usuarios.....	105

#### **CAPÍTULO 4**

Tabla 4.1	Descripción de los indicadores del gabinete.....	125
Tabla 4.2	Tarjetas SDH para el equipo OSN 3500.....	128
Tabla 4.3	Tarjetas PDH para el equipo OSN 3500.....	128
Tabla 4.4	Tarjetas de procesamiento de datos para el equipo OSN 3500.....	129
Tabla 4.5	Tarjetas SCC y cross-conectoras para el equipo OSN 3500.....	130
Tabla 4.6	Otras tarjetas que soporta el equipo OSN 3500.....	131
Tabla 4.7	Interfaces ópticas del ZXMP S385.....	135
Tabla 4.8	Interfaces eléctricas del ZXMP S385.....	135
Tabla 4.9	Tarjetas que utilizan los equipos ZXMP S385.....	137
Tabla 4.10	Costos referenciales OSN 3500.....	140
Tabla 4.11	Costos referenciales ZXMP S385.....	142

## RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo mejorar y ampliar la capacidad de transmisión de la Red de Fibra Óptica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en el segmento entre las ciudades de Santo Domingo y Esmeraldas.

En el primer capítulo se hace una revisión de la tecnología SDH, donde se presentan sus características, ventajas, desventajas y limitaciones con respecto a la tecnología NGSDH, además se estudian los nuevos protocolos implementados para el uso de la tecnología NGSDH en redes de transporte de fibra óptica.

En el segundo capítulo se realiza un diagnóstico y análisis de la situación actual en el segmento de red entre las ciudades de Santo Domingo y Esmeraldas, con el fin de proponer una solución que permita justificar los cambios que la red necesita para adaptarse al avance tecnológico.

En el tercer capítulo se propone un rediseño en la red para el segmento entre las ciudades de Santo Domingo y Esmeraldas considerando los aspectos técnicos analizados en el segundo capítulo. Además se estudia las características y funcionamiento del Sistema de Gestión T2000 OptiX iManager.

En el cuarto capítulo se analizan aspectos técnicos y costos de equipos de dos diferentes proveedores que trabajan con la tecnología NGSDH, con la finalidad de tener criterios que nos ayuden a elegir un proveedor en específico.

Finalmente en el quinto capítulo se presentan conclusiones y recomendaciones a este proyecto.

## PRESENTACIÓN

Las redes SDH se han mantenido a través del tiempo y, hasta hace poco, se han utilizado principalmente para el transporte de señales de voz agregadas, líneas privadas Frame Relay y servicios ATM. El crecimiento de estos servicios en los últimos años ha dado lugar a desarrollos de gran escala de las redes SDH en la zona metropolitana y de larga distancia a nivel mundial.

Sin embargo, la demanda de servicios y el crecimiento de las redes del proveedor han desplazado los servicios tradicionales (legacy services) a servicios basados en IP/Ethernet. Este cambio se debe principalmente a dos factores de mercado. Primero, los clientes empresariales han expresado su necesidad de una red de transporte eficiente basada en Ethernet y segundo, Ethernet se está convirtiendo en la tecnología de transporte de capa 2 para conectividad empresarial tanto en las redes de acceso como en las de transporte.

Además, con la convergencia de voz, video y datos (redes de acceso triple-play), las conexiones Ethernet están siendo utilizadas para la prestación de servicios de alta fiabilidad, lo que hace que un 99,999% de fiabilidad sea un requisito indispensable para el servicio a clientes empresariales.

Esta creciente demanda de servicios de transporte basados en Ethernet ha dado lugar a un "renacimiento" de SDH. Dada la solidez fundamental de la tecnología y la inversión masiva de capitales que se ha realizado en los últimos años, los proveedores de servicios han estado ansiosos por encontrar formas de utilizar sus actuales infraestructuras de redes SDH para cumplir con la creciente demanda del mercado Ethernet.

Next Generation Synchronous Digital Hierarchy (NGSDH) proporcionará nuevas fuentes de ingresos, permitirá proveer interfaces de servicios actualizadas permitiendo que las redes de área local (LAN) y las redes de área de almacenamiento (SAN) se conecten directamente dentro de múltiples sitios

metropolitanos, nacionales o redes WAN, sin la necesidad de incluir equipos POS (Packet on SDH) en los equipos de datos. También maximiza la eficiencia de las redes de transmisión de fibra óptica instaladas por los operadores importantes de telecomunicaciones para simplificar las operaciones.

Conjuntos de multiplexores add-drop SDH, comúnmente conocidas como plataformas de aprovisionamiento multi-servicio (MultiService Provisioning Platform, MSPP), se están implementado en las redes de proveedores de servicios en todo el mundo, ya que ofrecen un medio eficiente de transporte de señales de cliente basadas en paquetes, como Ethernet y Fibre Channel sobre infraestructuras SDH existentes. Esta eficiencia se logra con el apoyo de las recientes normas ITU y ANSI, que son: Procedimiento de Entramado Genérico (Generic Framing Procedure, GFP), Concatenación Virtual (Virtual Concatenation, VCAT) y el Esquema de Ajuste de la Capacidad del Enlace (Link Capacity Adjustment Scheme, LCAS).

Los nuevos protocolos, VCAT y LCAS aprovechan las ranuras de reserva del ancho de banda de la red que no necesitan ser contiguas y escalarlas dinámicamente dentro de los canales de transporte extremo-extremo. GFP proporcionará un formato de trama flexible para protocolos de almacenamiento y de datos, como Ethernet, Fiber Channel, ESCON, etc. Los equipos soportarán los nuevos protocolos proveyendo convergencia de capa 1 (transmisión) y capa 2 (enlace).

Las ventajas de SDH son:

- Interfaces ópticas estándar para interoperabilidad.
- Inserta canales para operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento.
- Las cross-conexiones y los ADMs (Add/Drop Muxplexor) conmutan la carga útil independientemente de la capacidad de línea óptica. Esto solventa el problema de “montañas de multiplexores” y el jitter producido en los sistemas de transmisión asincrónicos o Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH).

Además los protocolos Next Generation SDH proveerán más beneficios como:

- Mapeo flexible para cualquier interfaz de servicio nuevo.
- Uso eficiente de la infraestructura instalada.
- Transparencia.
- Mejor administración de la conexión.
- Servicios más rápidos (subida y bajada).
- Simplifica comunicaciones AOM&P.

Este proyecto comienza proporcionando una actualización sobre SDH y luego presenta un estudio a profundidad sobre la próxima generación de SDH (Next Generation SDH, NGSDH), destacando sus aplicaciones y los escenarios de prueba que los proveedores de equipos y de servicios deben tener en cuenta para la activación y el mantenimiento de circuitos Ethernet sobre SDH, así como otros elementos de red.

## CAPÍTULO I

### CONCEPTOS SOBRE LA TECNOLOGÍA NGSDH APLICADA EN FIBRA ÓPTICA

#### 1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realizará un estudio de las tecnologías Synchronous Digital Hierarchy (SDH) y Next Generation Synchronous Digital Hierarchy (NGSDH) incluyendo sus diferentes elementos y aplicaciones en las redes de transporte, para poder realizar un rediseño adecuado en la red de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP).

##### 1.1 ASPECTOS BÁSICOS SDH

Synchronous Digital Hierarchy (SDH) ha existido por décadas dentro de la industria de la Telecomunicaciones. Para entender la nueva tecnología NGSDH se debe hacer una actualización breve sobre los funcionamientos básicos de SDH.

El estándar SDH fue desarrollado para la comunicación de información digital a través de fibra óptica. Las especificaciones SDH definen interfaces de portadora óptica y sus equivalentes eléctricos para permitir la transmisión de señales de baja velocidad a una velocidad síncrona común. Estas especificaciones se han desarrollado para reemplazar los sistemas de baja velocidad PDH, ya que permiten el transporte de grandes cantidades de tráfico de telefonía y datos.

SDH es ampliamente utilizado hoy en día en todo el mundo, a excepción de Norteamérica, donde se utiliza otro estándar similar a SDH denominado SONET (Synchronous Optical Networking).

Uno de los beneficios de las señales SDH, es que facilita la interoperabilidad entre los múltiples proveedores dentro de la misma red. Además las capacidades de operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento (OAM&P) se construyen directamente dentro de la señal de encabezado para permitir el mantenimiento de la red desde una ubicación central.

En la Tabla 1.1 se listan las velocidades de datos SDH compatibles con el estándar.

Electrical Level	Line Rate (Mbps)	Payload Rate (Mbps)	Equivalente SDH
STS-1	51.840	48.38	STM-0
STS-3	155.520	149.76	STM-1
STS-12	622.080	599.04	STM-4
STS-48	2488.320	2396.16	STM-16
STS-192	9953.280	9584.64	STM-64

Tabla 1.1 Velocidades de datos comunes SDH<sup>1</sup>

## 1.2 ESQUEMA DE MULTIPLEXACIÓN

Las señales SDH pueden transportar altas tasas de transmisión (encima de los 50Mbps). Para lograr esta capacidad en SDH, el Módulo de Transporte Sincrónico (Synchronous Transport Module, STM) puede ser subdividido en componentes más pequeños o estructuras, conocidas como contenedores virtuales (Virtual Containers, VCs), con el propósito de transportar y conmutar cargas útiles más pequeñas que una tasa de STM-1. Todos los servicios que están por debajo de la tasa de un DS-3 (Digital Signal-3) se transportan en VCs. Los siguientes cuatro principios de multiplexación se utilizan en SDH:

### 1.2.1 MAPEO

Tiene lugar cuando los tributarios están integrados en contenedores virtuales (VCs), se adicionan bits de justificación y encabezado de trayecto (Path Overhead, POH).

### 1.2.2 ALINEACIÓN

Este proceso tiene lugar cuando se incluye un puntero en una unidad tributaria (Tributary Unit, TU) o una unidad administrativa (Administrative Unit, AU), para permitir la localización del primer byte del contenedor virtual.

### 1.2.3 MULTIPLEXACIÓN

Este proceso se utiliza cuando múltiples señales de orden inferior se integran en una señal de orden superior, o cuando las señales de orden superior están integradas en la sección de multiplexación.

<sup>1</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 5.

## 1.2.4 RELLENO

SDH tiene la capacidad de manejar diversas velocidades tributarias de entrada de señales asíncronas o PDH. Como las señales tributarias son multiplexadas y alineadas, cierta capacidad de reserva ha sido diseñada dentro de la trama SDH para proporcionar suficiente espacio para todos estos tipos tributarios.

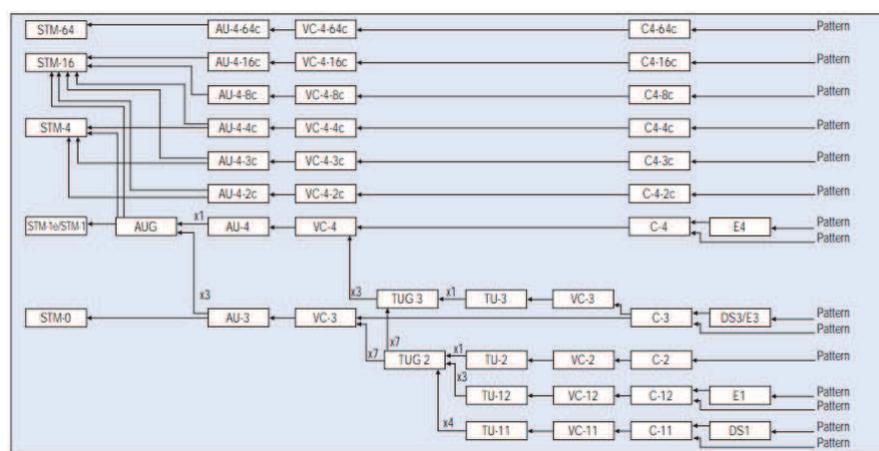


Figura 1.1 Jerarquía de Multiplexación SDH<sup>2</sup>

La Figura 1.1 representa el esquema de multiplexación SDH. Las señales de baja velocidad se introducen en VCs para crear un VC de carga útil uniforme. Después, los VCs son alineados en TUs y luego la carga útil es multiplexada dentro de grupos de TU (Tributary Unit Groups, TUGs). El siguiente paso es multiplexar los TUGs a VCs de alta velocidad y luego los VCs de alta velocidad se multiplexan dentro de AUs. Finalmente las AUs son multiplexadas dentro de grupos de AUs (Administrative Unit Groups, AUGs) y la carga útil se multiplexa dentro de un Módulo de Transporte Sincrónico (Synchronous Transport Module, STM).

## 1.3 JERARQUÍA DE RED

SDH es similar a otros protocolos de capas porque sus capas se comunican con otras capas de igual o similar función. Una sección de multiplexación SDH (Multiplex Section, MS) representa un enlace entre dos multiplexores SDH. El medio físico representa la porción entera de una red sobre la cual una señal SDH es transportada. Cada capa busca la información de encabezado, que puede incluir

<sup>2</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 8.

alarmas, indicadores e información de mantenimiento. A continuación se muestra una descripción de las cuatro capas de la arquitectura SDH.

### **1.3.1 CAPA FOTÓNICA**

Se refiere a las propiedades ópticas del medio de transmisión, consiste en el envío serial de 0Ls y 1Ls desde un emisor hasta un receptor atravesando el medio físico. Convierte las tramas eléctricas STS (Synchronous Transport Signal) en señales de bit ópticas OC (Optical Carrier).

### **1.3.2 CAPA SECCIÓN DE REGENERACIÓN**

Regenera el enlace de transmisión. Administra el transporte de la tramas STM que atraviesan el medio físico. Sus funciones incluyen control de errores, entramado, señal de cifrado, y transporte del encabezado. Esta capa consiste de nueve bytes de información que contienen la información requerida para que esta capa pueda realizar sus funciones. El encabezado es creado o usado por el Equipo Terminal de la Sección de Regeneración (Regenerator Section Terminating Equipment, RSTE).

### **1.3.3 CAPA SECCIÓN DE MULTIPLEXACIÓN**

Administra el transporte de la carga útil SDH, la cual está encapsulada en una secuencia de tramas STM, atravesando el medio físico. Las funciones de esta capa incluyen la multiplexación y sincronización, ambas se requieren para la creación y mantenimiento de la carga útil SDH. Los bits de encabezado proporcionan a esta capa la capacidad de realizar sus funciones, comunicarse con las capas que la rodean y proporcionar ciertas características de seguridad y mantenimiento. Este encabezado es usado y creado por el equipo terminal de sección de multiplexación (Multiplex Section Terminating Equipment, MSTE).

### **1.3.4 CAPA DE RUTA DE ACCESO**

Esta capa cubre la transmisión extremo-extremo o cliente-cliente. En un extremo del trayecto es siempre donde los bits en la carga útil SDH se originan, y en el otro extremo del trayecto es siempre donde los bits de la envolvente de la carga útil síncrona (Synchronous Payload Envelope, SPE) se reciben.

Esta capa transporta servicios de la red actual entre equipos multiplexados SDH. Esos dispositivos pueden incluir el transporte de clientes DS-1s, DS-3s, celdas ATM, etc. Los mapas de la capa de ruta de acceso de estos servicios dentro de un formato reconocido por la capa de multiplexación se comunican extremo a extremo, usando funciones hechas por los bytes del encabezado de trayecto para asegurar la integridad global de la transmisión. El encabezado de trayecto retiene los datos (carga útil), hasta que alcance el otro extremo del enlace SDH.

El propósito de usar capas es dividir la responsabilidad de transportar la carga útil a través de la red. Cada elemento de red (Network Element, NE) es responsable de la interpretación y la generación de su capa superior y de la comunicación de la información de control y de estado para la capa correspondiente de los otros equipos. A medida que la carga útil se desplaza a través de la red SDH, cada capa termina en un NE de clase general denominado Equipo Terminal de Sección (Section Terminating Equipment, STE).

La Figura 1.2 muestra una red identificando cada una de las capas. El encabezado de trayecto es generado en el punto donde la señal de baja velocidad ingresa a la red SDH, y es retirado cuando la carga útil sale de la red. El encabezado de trayecto contiene alarmas y la información de errores, representa el estado extremo a extremo.

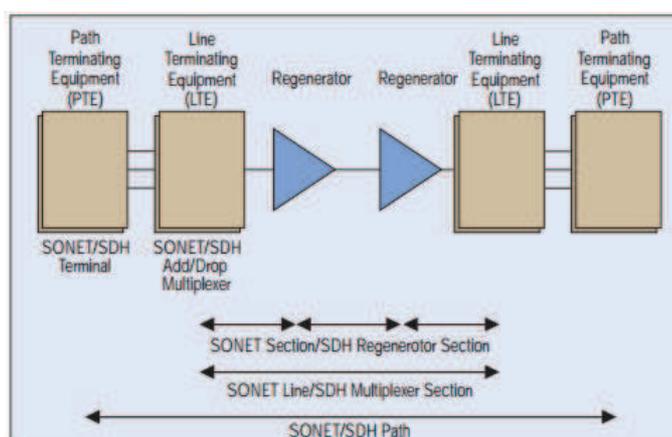


Figura 1.2 Capas de la Red SDH<sup>3</sup>

<sup>3</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 11.

## 1.4 FORMATO DE LA TRAMA STM-1

La trama STM-1 es el formato básico de transmisión en SDH. La Figura 1.3 ilustra la estructura básica de la trama STM-1. Consiste de un encabezado más un contenedor virtual de carga útil. Las primeras nueve columnas de cada trama componen el Encabezado de Sección (Section Overhead, SOH) y las últimas 261 columnas componen el Contenedor Virtual (VC) de carga útil.

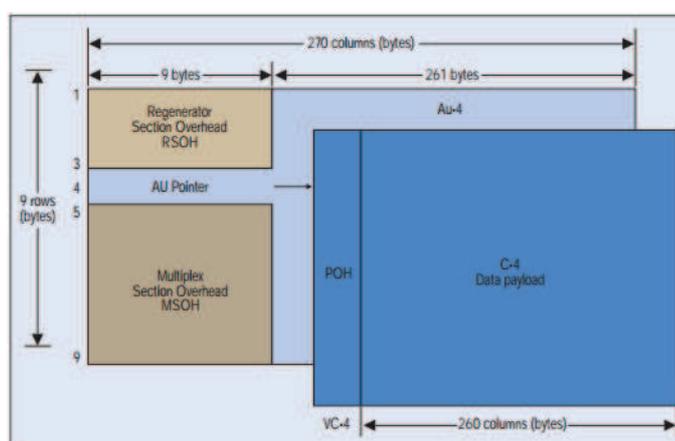


Figura 1.3 Formato trama STM-1<sup>4</sup>

El VC más los punteros (bytes H1, H2 y H3) son llamados una unidad administrativa (AU). El VC tiene su propia estructura de trama de 9 filas y 261 columnas, y transporta el encabezado de trayecto junto con el VC. La primera columna es para el encabezado de trayecto, seguido por el VC de carga útil que también podrá transportar otros VCs. Dentro del SOH, las tres primeras filas son usadas por el Encabezado de Sección de Regeneración (Regenerator Section Overhead, RSOH) y las últimas cinco filas son usadas por el Encabezado de Sección de Multiplexación (Multiplex Section Overhead, MSOH).

### 1.4.1 CABECERA SDH

La información de encabezado SDH tiene varias capas mostradas en la Figura 1.4. Encabezado de Sección de Regeneración (RSOH), Encabezado de Sección de Multiplexación (MSOH), Encabezado de Trayecto de Orden Superior (High-Order

<sup>4</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 18.

Path Overhead, HO-POH) y Encabezado de Trayecto de Orden Inferior (Low-Order Path Overhead, LO-POH).

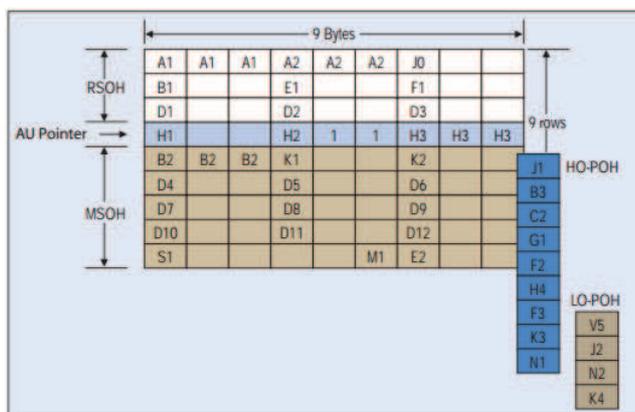


Figura 1.4 Formato cabecera SDH<sup>5</sup>

A continuación se detallan cada uno de los componentes de la cabecera SDH.

#### 1.4.1.1 Encabezado de sección de regeneración (RSOH)

Contiene la información requerida por los elementos situados en ambos extremos de una sección. Pueden ser: dos regeneradores, un equipo terminal de sección y un regenerador o dos equipos terminales de sección. Se encuentra en las tres primeras filas de las columnas 1 hasta 9 de la trama STM-1. A continuación se detallan los bytes que conforman el encabezado de la sección de regeneración y sus funciones.

##### 1.4.1.1.1 A1 y A2

Bytes de entramado, estos dos bytes indican el principio de la trama STM-1.

##### 1.4.1.1.2 J0

Mensaje de seguimiento de la Sección de Regeneración (Regenerator Section, RS), usado para transmitir un identificador de la sección del punto de acceso para que la sección del receptor pueda verificar la conexión continua con el transmisor deseado.

##### 1.4.1.1.3 B1

Esto es un código de paridad (paridad par) usado para la detección de errores sobre la sección de regeneración.

<sup>5</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 19.

#### *1.4.1.1.4 E1*

Este byte es usado como un canal local de servicio para la comunicación de voz entre regeneradores.

#### *1.4.1.1.5 F1*

Byte de canal de usuario, este byte es reservado para propósitos del usuario, puede ser de lectura y/o escritura en cada equipo de terminación de sección en esta línea.

#### *1.4.1.1.6 D1, D2, D3*

Bytes del canal de comunicación de datos, estos tres bytes forman un canal de mensaje de 192 Kbps, proporcionando un medio de comunicación entre varias partes del equipo terminal de sección y permitiendo algunas operaciones, administración, mantenimiento y aprovisionamiento.

### **1.4.1.2 Encabezado de la sección de multiplexación (MSOH)**

Contiene la información requerida entre el equipo terminal de la sección de multiplexación a cada extremo de la sección de multiplexación (esto es, entre elementos consecutivos de la red, excluyendo los regeneradores). El encabezado de sección de multiplexación se encuentra entre las filas 5 y 9 de las columnas 1 hasta 9 de la trama STM-1. A continuación se detallan los bytes que conforman el encabezado de sección de multiplexación y sus funciones.

#### *1.4.1.2.1 B2*

Provee a la sección de multiplexación el monitoreo de errores, con un código de paridad par. Provee monitoreo del desempeño extremo-extremo.

#### *1.4.1.2.2 K1 y K2*

Bytes de conmutación de protección automática (Automatic Protection Switching, APS), estos 2 bytes son usados para señalización de la protección de la sección de multiplexación entre dispositivos para la conmutación de protección automática bidireccional y para la comunicación de señales de indicación de alarma (Alarm Indication Signals, AIS) e indicaciones de defectos remotos (Remote Defect Indications, RDI).

#### *1.4.1.2.3 D4 a D12*

Bytes del canal de comunicación de datos, estos 9 bytes forman un canal de 576Kbps desde una locación central para información de control, mantenimiento, monitoreo, administración y otras comunicaciones necesarias.

#### *1.4.1.2.4 S1*

Byte de mensaje del estado de sincronización, los bits del 5 al 8 son usados para llevar mensajes de sincronización.

#### *1.4.1.2.5 M1*

Indicación de error remoto, el byte M1 de una trama STM-1 o de la primera trama STM-1 o de una trama STM-N es usado para indicar un error remoto en la capa de sección de multiplexación.

#### *1.4.1.2.6 E2*

Byte de servicio, Este byte de servicio provee un canal de voz de 64 Kbps entre los dispositivos de multiplexación.

### **1.4.1.3 Encabezado de trayecto de orden superior VC-3/VC-4**

El encabezado de trayecto es asignado y transportado por el contenedor virtual desde el momento en que es creado por el equipo terminal de trayecto, hasta que la carga útil es demultiplexada en el punto de terminación del componente del equipo terminal de trayecto. El encabezado de trayecto se encuentra en las filas de la 1 a la 9 de la primera columna de un VC-3 o un VC-4. A continuación se detallan los bytes que conforman el encabezado de trayecto de alto orden y sus funciones.

#### *1.4.1.3.1 J1*

Es un byte programable de usuario, transmite repetitivamente una cadena libre de formato de 16 bytes o 64 bytes, permitiendo al receptor verificar la continuidad de la conexión con el emisor.

#### *1.4.1.3.2 B3*

Este es un código de paridad par, se usa para determinar si ha ocurrido un error de transmisión sobre el enlace.

#### *1.4.1.3.3 C2*

Este byte especifica el tipo de mapeo en el VC-N.

#### *1.4.1.3.4 G1*

Este byte es usado para transmitir el estado del enlace y la calidad de la transmisión.

#### *1.4.1.3.5 F2*

Este byte es usado para comunicación entre elementos del enlace.

#### *1.4.1.3.6 H4*

Byte indicador de secuencia y posición, provee una multi-trama y un indicador de secuencia para la VCAT VC-3/4 e indica la posición generalizada de la carga útil.

#### *1.4.1.3.7 F3*

Este byte se asigna con el fin de comunicar a los elementos del enlace.

#### *1.4.1.3.8 K3*

La señalización APS está en los bits del 1 al 4, asignado para la protección del enlace VC-3/4. Los bits del 5 al 8 son asignados para un uso futuro.

#### *1.4.1.3.9 N1*

Byte para el operador de red, es asignado para proveer la función de monitoreo de la conexión en tándem de orden superior.

### **1.4.1.4 Cabecera de trayecto de orden inferior VC-11/VC-12**

Estos bytes son asignados en el encabezado de trayecto de VC-11 y VC-12. A continuación se detallan los bytes que conforman el encabezado de trayecto de orden inferior y sus funciones.

#### *1.4.1.4.1 V5*

Byte del encabezado de trayecto del tributario virtual.

#### *1.4.1.4.2 J2*

Usado para transmitir repetitivamente un identificador de trayecto de acceso de orden inferior para que el receptor pueda verificar la continuidad de la conexión con

el emisor. Se define una trama de 16 bytes para la transmisión de identificadores de puntos de acceso de trayecto. Esta trama de 16 bytes es idéntica a la trama de 16 bytes de los bytes J0 y J1.

#### *1.4.1.4.3 N2*

Asignado para el monitoreo de la conexión tándem para VC-2, VC-12 y VC-11.

#### *1.4.1.4.4 K4*

El bit 1 se usa para señales de alineación de multi-trama, mientras que el bit 2 se usa para VCAT.

### **1.4.2 CONTENEDORES VIRTUALES**

Como se mencionó, una de las ventajas del estándar SDH es que va a transportar señales de baja velocidad mediante el mapeo dentro de “secciones” de una trama STM-1, llamada contenedor virtual. La información del contenedor virtual está organizada dentro de un canal STM-1 de tramas SDH y enviada a través de la red a un destino especificado, desde una ubicación de origen dada.

#### **1.4.2.1 Contenedores virtuales SDH**

A través del uso de punteros y de valores de offset, los VCs pueden llevar la carga útil SDH como paquetes de datos independientes. Los VCs son usados para transportar señales tributarias de baja velocidad. Una trama SDH básica tiene una capacidad de 155 Mbps, lo que significa que pueden transportar un VC-4 o tres VC-3. La carga útil de cada uno de esos contenedores puede ser un tributario de alta velocidad o una combinación de TUGs que contienen señales de baja velocidad.

Las señales de baja velocidad VC-12, VC-2 o VC-11 deben ser transportadas en los contenedores de mayor capacidad (VC3 o VC-4) antes de ser introducido en la trama STM-1. Los contenedores de gran capacidad pueden transportar por encima de 63 VC-12s en una trama STM-1. El contenedor VC-4 tiene 63 punteros que encuentra la localización de cada uno de los VC-12s transportados con respecto al VC-4. A continuación se detallan los contenedores virtuales definidos en el estándar SDH.

#### *1.4.2.1.1 VC-11*

Ancho de banda para transportar 1.728 Mbps. Es contenido en 9 filas, 3 columnas (27 bytes).

#### *1.4.2.1.2 VC-12*

Ancho de banda para transportar 2.304 Mbps. Es contenido en 9 filas, 4 columnas (36 bytes).

#### *1.4.2.1.3 VC-2*

Ancho de banda para transportar 6.912 Mbps. Es contenido en 9 filas, 12 columnas (108 bytes).

#### *1.4.2.1.4 VC-3*

Ancho de banda para transportar 48.960 Mbps. Es contenido en 9 filas, 85 columnas (765 bytes).

#### *1.4.2.1.5 VC-4*

Ancho de banda para transportar 150.336 Mbps. Es contenido en 9 filas, 261 columnas (2349 bytes).

## **1.5 LIMITACIONES DE SDH**

Las redes SDH fueron sometidas a una fuerte presión por el gran crecimiento de la demanda en los años 90 durante de la “era punto-com”, se hicieron esfuerzos para mantenerse por delante del crecimiento de nuevos servicios. En las redes SDH se tomaban varios días o meses para planificar, subir o cambiar los servicios, por esto, no se podía prestar el servicio óptimo para los nuevos servicios. Los servicios de gran ancho de banda requerían bloques contiguos de VC-4s para ser reservados, por ejemplo paquetes SDH. También se requerían equipos de datos, video y almacenamiento para incluir el mapeo SDH dentro del equipo. La planificación de nuevos servicios era difícil en redes grandes, donde un conjunto contiguo de VCs necesitaba ser encontrado a través de todos los elementos de red intermedios. Y aún más difícil para los servicios protegidos donde el mismo conjunto contiguo de VCs tuvo que ser reservado tanto para transportar como para proteger rutas.

La protección dedicada conlleva un desperdicio de ancho de banda. La protección compartida es mejor, pero más complicada y difícil para interoperar entre proveedores.

La división de ancho de banda para las asignaciones estándar SDH se basa en antiguos sistemas PDH y no se ajustan a las necesidades de nuevos servicios de datos. Por ejemplo un Giga Ethernet (1 Gbps) es un mal ajuste para un STM-16 a 2.5 Gbps. Las soluciones propietarias se llevaron a cabo, pero esto conduce a problemas de interoperabilidad y capacidad de escala.

SDH ofrece poca transparencia para toda la señal SDH (STM-N). Es transparente a los contenedores virtuales y las cargas útiles dentro de ellos, pero el SDH tradicional no puede llevar toda una STM-N transparentemente. SDH se diseñó para ser transparente con los servicios PDH tradicionales, pero no se previó un requisito para SDH para llevar a toda una trama STM-N transparentemente. Se desarrollaron soluciones propietarias, pero ninguna de estas soluciones era totalmente transparente, a pesar de que llevaban los bytes estándar más comunes hubo problemas de interoperabilidad.

## 1.6 ¿POR QUÉ NEXT GENERATION SDH?

NGSDH ha cobrado un impulso significativo en la industria. Como sus tecnologías asociadas han permitido que SDH evolucione con el tiempo y ofrecer un medio de transporte eficiente de servicios basados en paquetes a través de la red SDH.

Como se describió anteriormente, las normas SDH tienen sus raíces en la multiplexación, transporte de canales de voz, líneas privadas ATM y servicios Frame Relay, por lo tanto, no han sido diseñados para el transporte de servicios de datos, como Ethernet, resultando varios factores limitantes cuando se intenta transportar servicios basados en paquetes, tales como:

- *Las tasas de transporte SDH no son ideales para el transporte de paquetes, tales como Ethernet y Fiber Channel:* La menor tasa de datos que se puede llevar en SDH es 1,544 Mbps. Las tasas bajas pueden ser transportadas pero

se requiere que todo el ancho de banda sea ocupado. Las tasas van a partir de: 2 Mbps, 3 Mbps, 6 Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps, 139 Mbps, 155 Mbps, 622 Mbps, 2.5 Gbps y 10 Gbps. Las tasas entre esos valores pueden solamente ser transportadas mediante el uso del ancho de banda más alto, lo cual es ineficiente. Por ejemplo: Un Giga Ethernet puede ser transportado en 2.5 Gbps por lo tanto se pierde más de la mitad del ancho de banda disponible.

- *SDH no tiene la capacidad para el uso de un ancho de banda dinámico:* Con el fin de usar eficientemente el ancho de banda, puede ser muy ventajoso distribuir el uso, basándose en la hora del día u otros factores. Por ejemplo, una institución financiera puede necesitar el ancho de banda solamente durante el horario laboral. Si la organización estuviera conectada directamente a un circuito SDH, ese ancho de banda puede estar conectado todo el tiempo, incluso durante las noches y fines de semana.
- *SDH no tiene un esquema de mapeo de datos común:* Frame Relay, ATM son las tecnologías dominantes de la capa de servicio para la prestación de servicios de datos sobre redes SDH. Más recientemente, Ethernet sobre LAPS (también conocida como X.86) ha emergido para la prestación de servicios de Ethernet sobre redes SDH. El problema común con estas tecnologías es que son cliente-servicio, y no representan un esquema de adaptación de tráfico común para una amplia gama de servicios de datos. Por ejemplo: Ethernet, Fiber Channel, IP/PPP.

Como se mencionó anteriormente, Ethernet se ha convertido en la opción tecnológica de capa 2 para la conectividad empresarial en redes de acceso y de transporte. Los proveedores de servicios habían invertido fuertemente en sus redes SDH y encontraron la tecnología que sea fiable, por lo que hubo un gran incentivo para seguir usando la infraestructura existente, para satisfacer la demanda de Ethernet.

Como consecuencia de ello, en 1999, se comenzó a trabajar dentro de las normas del UIT-T y ANSI para definir las tecnologías que ayudarían a evolucionar a SDH con el tiempo y ofrecer medios de transporte eficientes de esos servicios basados en

paquetes a través de las redes SDH. La respuesta a esto fue definir y ratificar tres tecnologías que son la base de NGSDH: Procedimiento de Entramado Genérico (Generic Framing Procedure, GFP), Concatenación Virtual (Virtual Concatenation, VCAT) y Esquema de Ajuste de la Capacidad del Enlace (Link Capacity Adjustment Scheme, LCAS).

### **1.6.1 NUEVOS SERVICIOS**

Todavía hay un fuerte crecimiento en los servicios de datos para interconectar LANs virtuales en redes de área amplia (Wide Area Network, WAN). También existe una demanda creciente de corporaciones e instituciones financieras para interconectar redes de área de almacenamiento (Storage Area Network, SAN) y crear grandes redes SAN. Los operadores de cable están buscando maneras más eficientes de transmitir video, por ejemplo video bajo demanda (Video on Demand, VOD).

Hay una fuerte demanda para acceso de ancho de banda de gran capacidad. Muchos suscriptores de banda ancha potenciales viven fuera del alcance de ADSL. Un SDH más eficiente podría facilitar la conexión a grupos de abonados domésticos que están fuera del alcance de la banda ancha.

La demanda de almacenamiento de datos duplica cada año en las grandes corporaciones e instituciones financieras. Tienen que ser capaces de hacer copias de seguridad y restaurar su almacenamiento rápidamente para asegurar las ubicaciones remotas. Los bancos y compañías de seguros están evolucionando para realizar sus operaciones totalmente sin papel.

Las empresas requieren de una red WAN de alta velocidad para interfaces cliente-servidor. La red de transporte tiene que ser capaz de conectarse a estas interfaces Ethernet y de almacenamiento en su forma nativa, para evitar añadir interfaces costosas entre el equipo de transporte y el de los datos, requiriendo al equipo de datos tener costosas tarjetas de conexión con interfaces de transporte.

Gobiernos, escuelas, colegios, universidades, hospitales y el desarrollo regional están impulsando la demanda de servicios de banda ancha. Los operadores de cable

requieren VOD, una multitud de opciones de interfaces, conmutación integrada y capacidades drop-and-continue en aplicaciones digitales de transmisión de video.

## 1.7 PROTOCOLOS DE TRANSMISION NGSDH

Los protocolos NGSDH se están desarrollando y permiten a los clientes ofrecer nuevos servicios. Los protocolos también permitirán al cliente maximizar la eficiencia. La señal se divide en pequeños contenedores virtuales que pueden ser encaminados separadamente a través de la red. Esto se compara con los paquetes tradicionales sobre SDH que requieren de grandes grupos contiguos de VCs en todas las secciones que el circuito atraviesa.

## 1.8 PROCEDIMIENTO DE ENTRAMADO GENÉRICO (GENERIC FRAMING PROCEDURE, GFP)

GFP está definido en la recomendación ITU G.7041/Y.1303, es un mecanismo de entramado para transportar señales de cliente basadas en paquetes, como Ethernet, Fiber Channel, ESCON, FICON sobre canales ópticos de velocidad de datos fija. GFP proporciona un mecanismo único, flexible para asignar estas señales de cliente en redes SDH, como se muestra en la Figura 1.5.

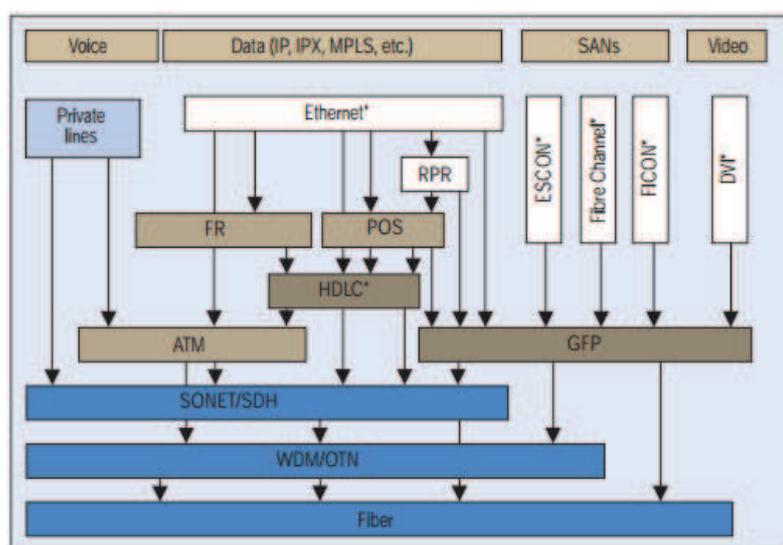


Figura 1.5 Mapeo de la señal de clientes sobre GFP<sup>6</sup>

<sup>6</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 31.

Varios métodos han sido utilizados para el transporte de servicios de paquetes sobre redes SDH. El primer método fue ATM capa de adaptación 5 (AAL5) sobre SDH. ATM es una tecnología muy eficiente de conmutación y multiplexación, cuyas tasas de transferencia se escalan con las tasas de SDH. Sin embargo, ATM no hace un uso eficiente del ancho de banda, porque los datos de carga útil son separados en grupos de 48 bytes, llamados celdas, con 5 bytes adicionales para el encabezado, lo que produciría una pérdida del 10% del ancho de banda.

Otros métodos han centrado su uso en el Protocolo Punto-Punto (PPP). El tráfico IP que llega a un puerto Ethernet es encapsulado sobre un enlace PPP y varios puertos pueden ser encapsulados en multienlaces PPP. Mediante el uso del entramado HDLC, el tráfico PPP es transportado sobre la carga útil SDH. Estos métodos han sido estandarizados dentro de la IETF (Internet Engineering Task Force) a través de las siguientes recomendaciones (RFC): RFC 1662, RFC 1990 y RFC 2615. La UIT-T amplió este trabajo, especificando el uso de LAPS (protocolo muy similar al PPP/HDLC) y la especificación de IP sobre LAPS en X.85/Y.1321 y Ethernet sobre LAPS en X.86/Y.1323. Todos esos métodos de encapsulación de tráfico sufren las debilidades del entramado HDLC.

GFP ha sido estandarizado para optimizar el transporte de Ethernet y otros servicios de datos sobre redes SDH, teniendo en cuenta los pros y los contras de ATM y PPP/HDLC y gracias a las dos nuevas capacidades de SDH: VCAT y LCAS.

### **1.8.1 MAPEO GFP**

Dos tipos de mapeo están actualmente disponibles en GFP: Mapeo de trama (GFP-F) y mapeo de transparencia (GFP-T), cuyo mapeo mantiene la misma estructura básica de trama. La decisión de cuál modo tomar depende del servicio que se desea transportar.

#### **1.8.1.1 Mapeo de trama GFP (GFP-F)**

Es un mecanismo de mapeo, en el que una trama de señal de cliente es recibida y mapeada en su totalidad dentro de una trama GFP. Por lo tanto, con este modo de

adaptación, el tamaño de la trama GFP-F es variable ya que es directamente relacionada con la carga útil entrante del cliente. De hecho, con GFP-F la trama completa de cliente debe ser almacenada para determinar su longitud. GFP-F es generalmente usada para soportar tramas de capa 2 como MAC Ethernet, que son tolerantes a la latencia. La norma ITU G.7041 define los siguientes mapeos de trama para cargas útiles de usuarios soportados a través de GFP-F:

- Frame-mapped Ethernet
- Frame-mapped PPP
- Protocolo de Acceso Múltiple Frame-mapped sobre SDH
- Frame-mapped IEEE802.17 Anillo de paquetes flexible
- Frame-mapped Fiber Channel FC-BBW

#### 1.8.1.2 Mapeo de transparencia GFP (GFP-T)

Es un mecanismo de mapeo que facilita el transporte de señales en código 8B/10B como GigaEthernet, Fiber Channel, ESCON, FICON. Con GFP-T, los caracteres individuales de la señal de un cliente son decodificados desde la señal de cliente y luego mapeadas dentro de una trama GFP de tamaño fijo (código 64B/65B). Esto evita el almacenamiento temporal de una trama completa de cliente antes de que pueda ser mapeada dentro de una trama GFP, lo cual reduce la latencia y a su vez la hace ideal para aplicaciones SAN que requieren muy baja latencia de transmisión.

#### 1.8.1.3 GFP-F vs GFP-T

Estos tipos de mapeo tienen las siguientes características comunes:

- Soporte a múltiples servicios
- Eficiencia adaptada para tipo de cliente
- Utilización de ancho de banda
- Control de errores excelente

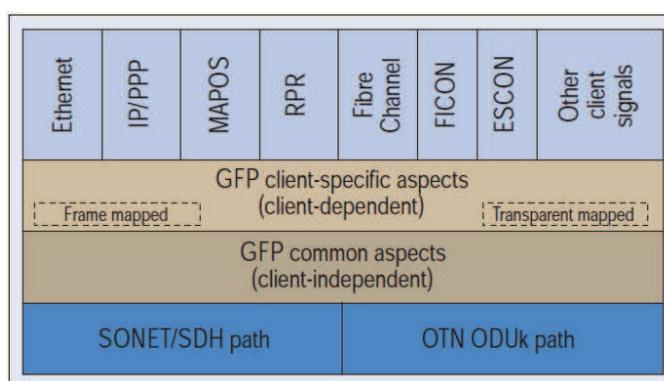
La Tabla 1.2 presenta las características propias de cada tipo de mapeo.

<b>GFP-T</b>	<b>GFP-F</b>
Longitud de trama fija	Longitud de trama variable
Mapeo N a 1 del paquete de cliente	Mapeo 1 a 1 del paquete de cliente
Funciona con bytes individuales	Funciona con tramas enteras
No requiere almacenamiento	Requiere almacenamiento
No existe latencia	Existe latencia
No requiere MAC (solo en 8B/10B)	Requiere MAC
Optimizada para Fiber Channel, FICON, ESCON, Redes de Almacenamiento (SAN)	Optimizada para IP, PPP, Ethernet, Giga Ethernet, MPLS.

Tabla 1.2 Características GFP-F y GFP-T

Funcionalmente GFP consiste de aspectos comunes y específicos de cliente. Los aspectos comunes GFP aplican a todo el tráfico GFP adaptado y cubre funciones como delineación de unidades de datos de paquetes (Packet Data Unit, PDU), sincronización del enlace de datos, multiplexación del PDU de cliente y monitoreo del desempeño independiente del cliente. Los aspectos específicos de cliente cubren aspectos como mapeo del PDU de cliente dentro de una carga útil GFP, monitoreo del desempeño de un cliente específico, como es operación, administración y mantenimiento.

La Figura 1.6 proporciona una comparación de las tramas GFP para ambos modos.

Figura 1.6 Tramas GFP-T vs GFP-F<sup>7</sup>

### 1.8.2 ESTRUCTURA DE LA TRAMA GFP

En la Figura 1.7 se muestran dos tipos básicos de tramas GFP que se han definido: Tramas de cliente GFP y tramas de control GFP. Las tramas de cliente GFP son

<sup>7</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 33.

categorizadas en 2 tipos: Tramas de Datos de Cliente (Client Data Frame, CDFs) y Tramas de Administración de Cliente (Client Management Frame, CMFs). Las CDFs son usadas para transportar los datos del cliente mientras que las CMFs son usadas para transportar información asociada con la administración de la señal del cliente o la conexión GFP.

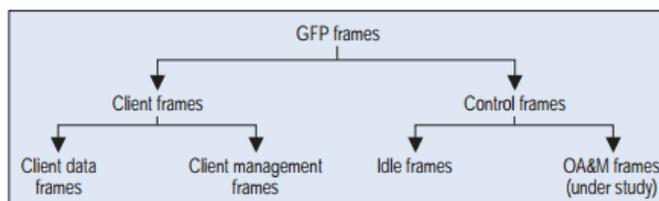


Figura 1.7 Tipos de tramas GFP<sup>8</sup>

La estructura genérica de la trama GFP es presentada en la Figura 1.8. Cada tipo de trama GFP consiste de tres componentes principales: Encabezado Principal, Encabezado de Carga Útil y Campo de Información de Carga Útil.

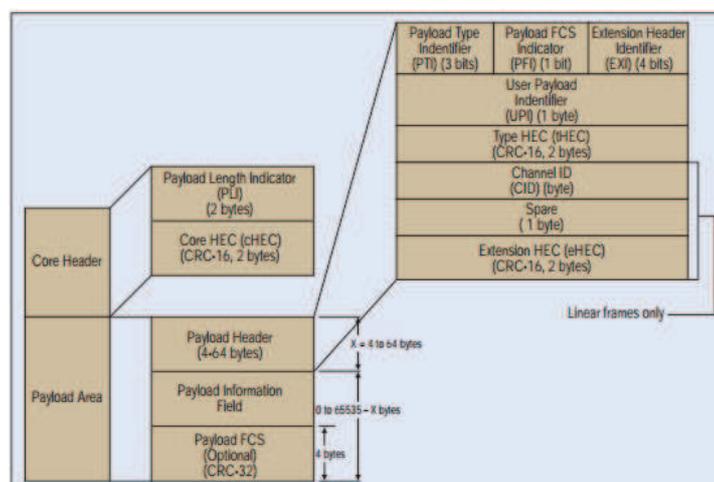


Figura 1.8 Estructura genérica de trama GFP<sup>9</sup>

Los encabezados de carga útil y principal, forman el encabezado GFP, mientras que el campo de información de carga útil representa el tráfico de clientes que lleva los servicios de datos. El encabezado de carga útil lleva información acerca del tipo de carga útil (Ethernet, Fiber Channel) que es transportado mientras que el encabezado principal lleva la información acerca del tamaño de la trama GFP.

<sup>8</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 34.

<sup>9</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 35.

Cada encabezado contiene un corrector de errores de encabezado (Header Error Correction, HEC), lo que permite la corrección de errores individuales, esto es, cualquier error que ocurra en el encabezado principal o en el encabezado de carga útil puede potencialmente ser corregido por el HEC, a través de un elemento de red. Esto crea un esquema de mapeo muy robusto, que asegura que las tramas GFP puedan ser transportadas cruzando una red sin pérdida de tráfico del cliente.

#### 1.8.2.1 Encabezado principal

El encabezado principal GFP consiste de una longitud fija de dos octetos, especificando la longitud del área de carga útil de la trama GFP en octetos, y un campo de dos octetos conteniendo un código de corrección de errores CRC-16.

##### 1.8.2.1.1 Indicador de longitud de carga útil (Payload Length Indicator, PLI)

PLI es un campo de dos bytes que indica el tamaño en bytes del área de carga útil GFP. Indica el principio de la siguiente trama GFP en el flujo de bits entrante como un desplazamiento desde el último byte en el encabezado principal del GFP actual. Los valores de PLI en el rango de 0 a 3 están reservados para uso interno GFP y son denominadas como tramas de control GFP. Todas las otras tramas son denominadas como tramas de cliente GFP.

##### 1.8.2.1.2 HEC principal (Core HEC, cHEC)

El cHEC es un campo de dos bytes que contiene una secuencia de comprobación de redundancia cíclica (CRC-16) que protege la integridad del encabezado principal. La secuencia cHEC es calculada sobre los bytes del encabezado principal usando el estándar CRC-16. El CRC-16 permite la corrección de un error y la detección de varios errores.

#### 1.8.2.2 Encabezado de carga útil

El encabezado de carga útil es un área de longitud variable, entre 4 y 64 octetos de longitud, destinado a apoyar los procedimientos específicos de administración del enlace de datos de la señal de cliente transportada. Contiene dos campos obligatorios, el campo Type y el campo de Type HEC (tHEC). El encabezado de

carga útil también soporta adicionalmente un número de sub-campos como un encabezado de extensión.

#### 1.8.2.2.1 Identificador del tipo de carga útil (Payload Type Identifier, PTI)

Un sub-campo de tres bits que identifica el tipo de la trama de cliente GFP. En la Tabla 1.3 se detalla las actuales tramas de usuario definidas.

PTI	Descripción
000	Trama de datos de cliente
100	Trama de administración de cliente
Otros	Reservado

Tabla 1.3 Tipo y descripción de PTI<sup>10</sup>

#### 1.8.2.2.2 Indicador de FCS de carga útil (Payload FCS Indicator, PFI)

Un sub-campo de un bit que indica presencia o ausencia del campo FCS de carga útil. En la Tabla 1.4 se lista los actuales valores de PFI definidos.

PFI	Descripción
0	Ausencia de FCS
1	Presencia de FCS

Tabla 1.4 Valores y descripción de PFI<sup>11</sup>

#### 1.8.2.2.3 Identificador de cabecera de extensión (Extension Header Identifier EXI)

Un sub-campo de cuatro bits que identifica el tipo de encabezado de extensión GFP. Los tres tipos de encabezados de extensión se definen en la Tabla 1.5.

EXI	Descripción	Función
0000	Encabezado de extensión nulo	Indica que no está presente un encabezado de extensión
0001	Encabezado de extensión lineal	Encabezado de extensión de 2 octetos que soporta la compartición de carga útil GFP a través de múltiples clientes en una configuración punto-punto. Es un campo de ocho que indica uno de los 256 canales de comunicación en un punto de terminación GFP y un campo reservado para uso futuro
0010	Encabezado de extensión en anillo	Similar al lineal, pero aplicado en configuraciones tipo anillo.
0011 a 1111	Reservado	

Tabla 1.5 Valores y descripción de EXI<sup>12</sup>

<sup>10</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 36.

<sup>11</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 37.

<sup>12</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 37.

#### 1.8.2.2.4 Identificador de carga útil de usuario. (User Payload Identifier, UPI)

Campo de ocho bits que identifica el tipo de carga útil transmitida en el campo de información de carga útil GFP. En la tabla 1.6 se detallan los valores UPI.

UPI	Client Data	Client Management
0000 0000 1111 1111	Reserved y not available	Reserved
0000 0001	Mapped Ethernet Frame	Client Signal Fail (Loss of Client Signal)
0000 0010	Mapped PPP Frame	Client Signal Fail (Loss of Character Synchronization)
0000 0011	Transparent Fibre Channel	Reserved for future use
0000 0100	Transparent FICON	
0000 0101	Transparent ESCON	
0000 0110	Transparent GbE	
0000 0111	Reserved for future use	
0000 1000	Frame-Mapped IEEE 802.17 Resilient Packet Ring	
0000 1011	Frame-Mapped Fibre Channel FC-BBW	
0000 1100	Asynchronous Transparent Fiber Channel	
0000 1101 a 1110 1111	Reserved for future standardization	
1111 0000 a 1111 1110	Reserved for proprietary use	

Tabla 1.6 Valores y descripción UPI<sup>13</sup>

#### 1.8.2.2.5 Campo de tipo HEC (Type HEC Field)

Campo de dos octetos que contiene una secuencia CRC-16 que protege la integridad del campo. La secuencia tHEC se calcula sobre los bytes del encabezado principal usando el estándar CRC-16. El CRC-16 permite la corrección y detección de errores.

#### 1.8.2.2.6 Identificador de canal (Channel ID, CID)

Campo de un byte disponible cuando el campo EXI está configurado en lineal. CID indica uno de los 256 canales de comunicación en un punto de terminación GFP.

#### 1.8.2.2.7 Reserva

Campo de un byte que esta solamente disponible cuando el campo EXI está configurado en lineal. Este campo es reservado para uso futuro.

<sup>13</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 38.

### 1.8.2.2.8 Extension HEC (eHEC)

Campo de dos bytes que contiene una secuencia CRC-16 que protege la integridad del contenido de la extensión. EL CRC-16 permite la corrección de un error y la detección de varios errores. La Figura 1.9 explica como el transmisor encapsula una trama entera de datos de clientes.

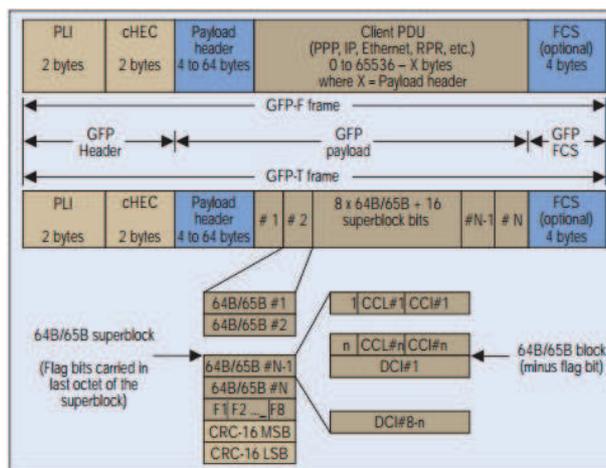


Figura 1.9 Estructura de Trama GFP-F vs GFP-T<sup>14</sup>

### 1.8.2.3 Campo de información de carga útil

El área de carga útil contiene la señal de cliente entramada. Este campo de longitud variable puede incluir desde 0 hasta 65535-X octetos, donde X es el tamaño del encabezado de carga útil y el campo de carga útil FCS.

#### 1.8.2.3.1 Carga útil FCS

Es una secuencia opcional de chequeo de trama de cuatro octetos de longitud. Contiene una secuencia CRC-32 diseñada para validar el contenido del área de carga útil. El campo FCS no corrige ningún error, solo indica la presencia de errores.

En GFP-F, el transmisor encapsula una trama entera de datos de clientes dentro de una trama GFP. En este caso, la estructura de la trama básica de una trama de cliente GFP es usada, incluyendo el encabezado de carga útil requerida.

En GFP-T, sin embargo, en lugar de almacenar una trama de datos de cliente entera, los caracteres individuales de una señal de cliente son demapeados desde el código

<sup>14</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 39.

bloque de cliente y luego mapeadas dentro de tramas periódicas GFP de longitud fija. La trama de cliente GFP transparente usa la misma estructura como el frame-mapped GFP, incluyendo el encabezado de carga útil requerida.

## 1.9 CONCATENACIÓN VIRTUAL

Como se explicó anteriormente, la multiplexación SDH combina señales digitales de baja velocidad (E1, E3 y E4 en SDH) con el encabezado requerido para formar tramas STM-1. Para permitir el transporte de un mayor ancho de banda de estas velocidades básicas, múltiples SPEs pueden ser combinadas y transportadas a través de la red SDH como una única conexión. En la tabla 1.7 se muestra las velocidades equivalentes y su denominación.

SDH	Payload Capacity (Mbps)
VC-3	48.38
VC-4	149.76
VC-4-2c	299.52
VC-4-3c	449.28
VC-4-4c	599.04
VC-4-8c	1198.08
VC-4-16c	2396.16
VC-4-64c	9584.64

Tabla 1.7 Contenedores de concatenación contigua para SDH<sup>15</sup>

En la tabla 1.8 se definen los valores de las señales de tributarios virtuales de baja velocidad para SDH.

SDH	Payload Capacity (Mbps)
VC-11	1.6
VC-12	2.17
VC-2	6.78

Tabla 1.8 Unidades tributarios para SDH<sup>16</sup>

Aunque la concatenación continua ha sido satisfactoriamente introducida y desarrollada por años, presenta algunas deficiencias importantes cuando se intenta transportar señales basadas en paquetes. Primero, en la concatenación contigua, el ancho de banda concatenado requiere ranuras de tiempo para ser consecutivo.

<sup>15</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 42.

<sup>16</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 43.

Segundo, también requiere que los elementos de red involucrados en el transporte del tráfico soporten esta función desde el nodo fuente hasta el nodo destino, incluyendo los nodos intermedios. Tercero, las velocidades de servicios de datos no son compatibles con los contenedores definidos, por lo tanto, usando GFP con los actuales esquemas de concatenación continua da como resultado un uso del ancho de banda no óptimo. Por ejemplo, un servicio 100M Ethernet mapeado sobre un VC4 resulta en aproximadamente un 33% de desperdicio del ancho de banda.

Para superar esas limitaciones, la concatenación virtual (Virtual Concatenation, VCAT) fue desarrollada y luego definida en las recomendaciones ANSI T1.105, ITU G.707 e ITU G.783.

Dos formas de concatenación virtual fueron definidas: VCAT de orden superior y de orden inferior. Esto introdujo una flexibilidad adicional en SDH al mejorar la escala de requerimientos para incrementar el flujo de datos de cliente. Esto significa que la carga útil concatenada no necesita ser formada por ranuras de tiempo consecutivas en el camino de transporte. Además, esta nueva capacidad de concatenación permite al elemento de red involucrado en el transporte del tráfico ser inconsistente con la naturaleza concatenada de la señal. Como tal, solamente los extremos en el camino de transmisión pueden soportar la función VCAT.

En esencia, la concatenación virtual es un procedimiento de multiplexación inversa por lo cual el ancho de banda contiguo es roto dentro de SPEs individuales en el transmisor y lógicamente se les representa en un grupo de concatenación virtual (Virtual Concatenation Group, VCG). Los paquetes de control los cuales contienen la información necesaria para reensamblar el flujo original de datos en el receptor, son insertados en algunos de los actuales bytes de encabezado no usados.

Esta información contiene el orden de secuencia de los canales y un número de trama, el cual se usa como un sello de tiempo. Los miembros VCG son transportados como SPEs individuales que cruzan la red SDH con toda la inteligencia requerida para manejar la concatenación virtual ubicada en los extremos de la conexión. El receptor es responsable de reensamblar el flujo original de bytes. Esto permite a los

canales SDH ser ruteados independientemente a través de la red sin requerir ACK de la concatenación virtual. De esta manera, los canales concatenados virtualmente pueden ser desarrollados en la red SDH existente con un nodo de actualización.

Como se presenta en la Tabla 1.9, VCAT provee un uso más eficiente del ancho de banda de transporte para las interfaces de datos de usuario. Con VCAT un enlace STM-16 puede llevar dos señales Gigabit Ethernet con 95% del uso del enlace y sin VCAT solo se puede llevar una señal Gigabit Ethernet con 42% de uso del enlace.

Service	Bit Rate	Utilization Without VCAT	Utilization with VCAT
Ethernet	10 Mb/s	STS-1/V-3 (20%)	VT1-5-7v (89%)/VC12-12v (92%)
Fast Ethernet	100 Mb/s	STS-3c/VC-4 (67%)	STS-1-2v/VC-3-2v (100%)
Gigabit Ethernet	1000 Mb/s	STS-48c/VC-4-16c (42%)	STS-3c-27v/VC-4-7v (95%)
Fibre Channel	200 Mb/s	STS-12c/VC-4-4c (33%)	STS-1-4v/VC-3-4v (100%)
Fibre Channel	1000 Mb/s	STS-48c/VC-4-16 (42%)	STS-3c-27v/VC-4-7v (95%)
ESCON	200 Mb/s	STS-12c/VC-4-4c (33%)	STS-1-4v/VC-3-4v (100%)

Tabla 1.9 Eficiencia del ancho de banda usando VCAT<sup>17</sup>

### 1.9.1 CONCATENACIÓN VIRTUAL DE ORDEN SUPERIOR (HO VCAT)

HO VCAT provee un ancho de banda para enlaces que requieren velocidades mayores a 51.84 Mbps, pero no se prestan a un estándar de configuración de ancho de banda de concatenación contigua. HO VCAT es realizado por el receptor, que combina varios VC-3/VC-4s, lo que lo hace ideal para el transporte de velocidades de 100M Ethernet, Gigabit Ethernet y Fibre Channel.

Las velocidades HO VCAT están diseñadas para VC-m-nv, donde nv indica el múltiplo de n de la velocidad base VC-m.

#### 1.9.1.1 Estructura de la trama HO VCAT

Como se mencionó, un contenedor HO VCG puede estar formado para el uso VC-3 (AU-3) o VC-4 (AU-4). Esto significa que una carga útil concatenada SDH VC-3/4-Xv puede transportar  $X \cdot 48384 / 149760$  Kbps como se muestra en la Figura 1.10, asumiendo que los octetos de relleno están intactos.

<sup>17</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 44.

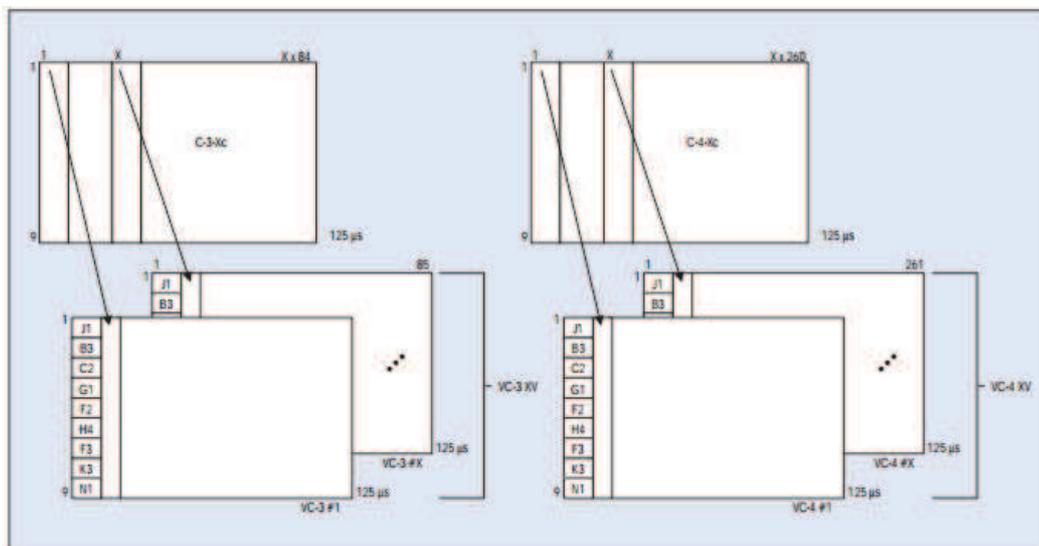


Figura 1.10 VC-3/4-Xv<sup>18</sup>

El valor de X puede estar entre 1 y 256. Cada VC SDH usado para crear un VC contiene su encabezado de camino (Path Overhead, POH) individual. Entre esos bytes está el byte H4, usado para especificar el indicador multi-trama (Multi-Frame Indicator, MFI) y el indicador de secuencia (Sequence Indicator, SQ).

#### 1.9.1.2 Indicator Multi-trama HO VCAT

Como se ilustra en la Figura 1.11, un mecanismo multi-trama de dos etapas es usado para cubrir los retardos diferenciales entre 0us y 256 ms. Las dos etapas pueden ser funcionalmente representadas por un contador de 12 bits. En la estructura H4, los bits del 5 al 8 son usados para formar el indicador de multi-trama de la etapa 1 (MFI1). MFI1 se incrementa para cada trama básica y cuenta de 0 a 15. El indicador de multi-trama de la etapa 2 (MFI2) es un contador de 8 bits basado en la Trama 0 (bits del 1 al 4) y en la Trama 1 (bits del 5 al 8). MFI2 se incrementa cada vez que se completa un MFI1. MFI2 cuenta desde 0 hasta 255. El resultado es un proceso de multi-trama de dos etapas que da un total de 4096 tramas ( $16 * 256 = 4096$ ) por cada ciclo de 512ms ( $4096 * 125\text{us} = 512\text{ms}$ ).

<sup>18</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 46.

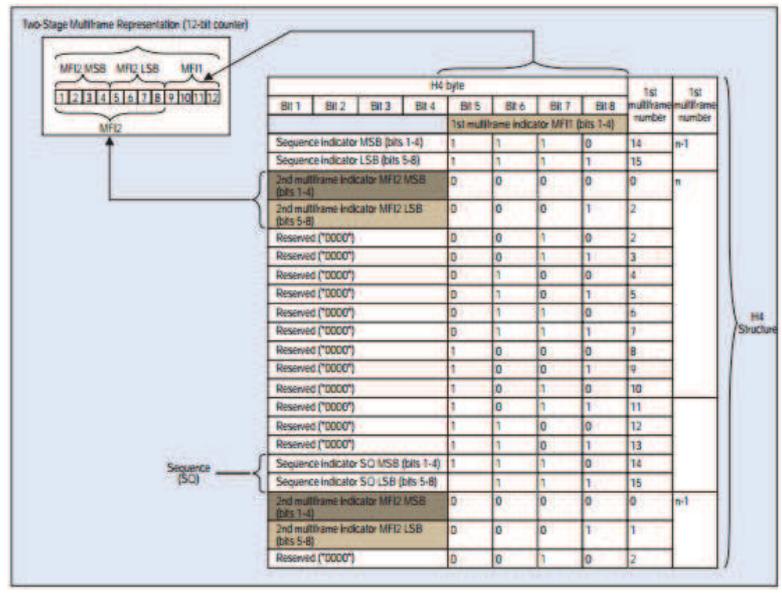


Figura 1.11 Estructura de la multi-trama de trayecto de alto orden<sup>19</sup>

1.9.1.3 Indicador de secuencia de trayecto de orden superior

Además del MFI, el byte H4 también lleva información del indicador de secuencia. Los indicadores de secuencia son asignados por el emisor e interpretados en el receptor. El indicador de secuencia (SQ) identifica el orden del VC-3/VC-4, son usados para crear el VC-3/4-Xc en SDH. Como se ilustra en la figura 1.12.

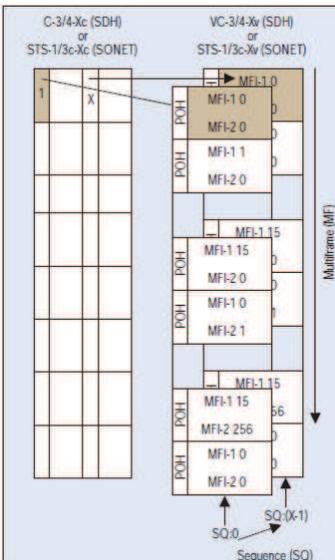


Figura 1.12 Indicador de secuencia en una multi-trama VCAT de trayecto de orden superior<sup>20</sup>

<sup>19</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 47.  
<sup>20</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 48.

Los ocho bits del SQ soportan un rango de 0 a 255, y se forma usando los bytes H4 (bits del 1 al 4 de la trama 14 y 15) en el MF11, como se muestra en la Figura 1.12. Cada miembro del VCG es asignado a un SQ. Normalmente, la primera ranura de tiempo asociado a un VCG, compuesto de VC-3/4-Xv, es asignado el número 0, la segunda es asignado con el número 1 y así sucesivamente hasta X-1.

En el caso de que el equipo terminal no sea capaz de recuperar la trama o la secuencia, o si hay demasiado retardo diferencial, el sistema está equipado para generar alarmas (LOA y LOS) al sistema de gestión para destacar estas condiciones.

### 1.9.2 CONCATENACIÓN VIRTUAL DE ORDEN INFERIOR (LO VCAT)

LO VCAT provee un ancho de banda para enlaces que requiere velocidades mayores a 1.6Mbps (VC-12) pero menores a 51.84Mbps. LO VCAT está diseñada para VC-11/12-nv en SDH.

El ancho de banda es asignado en fragmentos de 2Mbps, por lo que LO VCAT puede ser usado para proveer tráfico sub-tasa a través de 10/100-Mbits Ethernet empleado en la red de acceso.

#### 1.9.2.1 Estructura de la trama LO VCAT

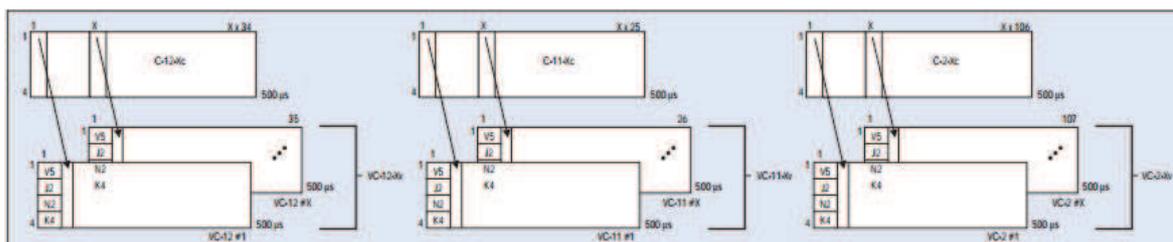
Como se ha descrito anteriormente, los caminos de orden inferior son usados para formar VCGs para transportar carga útil que no es eficientemente procesada en HO VCAT. Estas carga útiles están definidas en la Tabla 1.10.

SDH	VELOCIDAD (Mbps)	CAPACIDAD (Mbps)
VC-11	1.6	1.6 a 102.4
VC-12	2.176	2.176 a 139.264
VC-2	6.784	6.784 a 434.176

Tabla 1.10 Tipos de contenedores de trayecto de orden inferior<sup>21</sup>

Un VCG puede ser creado usando VC-11/12-Xv, donde el valor de X puede estar entre 1 y 64. Como se muestra en la Figura 1.13.

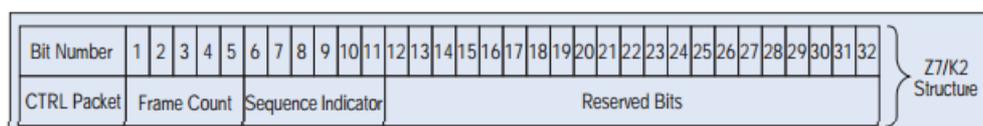
<sup>21</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 49.

Figura 1.13 VC-n-Xv SDH<sup>22</sup>

Para definir su multi-trama, LO VCAT usa un concepto similar al descrito en HO VCAT. Para los LO VCGs, el byte H4 es usado para soportar la estructura de la multi-trama y especificar los valores de MFI y SQ.

### 1.9.2.2 Indicador de secuencia y multi-trama LO VCAT

El bit 2 del byte H4 es usado para transmitir información LO VCAT. Forma una cadena de 32 bits, definida en ANSI T1.105 e ITU G.707, como se muestra en la Figura 1.14. La cadena se repite cada 16ms ( $32\text{bits} * 4 * 125 \mu\text{s/bit}$ ) o cada 128 tramas. Este proceso se repite hasta que el contador de tramas alcanza 32. Esto significa que el número total de tramas para un ciclo completo es 4096 tramas ( $128 \text{ tramas} * 32 = 4096 \text{ tramas}$ ).

Figura 1.14 Estructura de la multi-trama LO VCAT<sup>23</sup>

Los siguientes campos define la trama:

- El número de trama es contenida en los bits del 1 al 5 de la cadena de 32 bits.
- El indicador de secuencia está en los del 6 al 11 de la cadena de 32 bits.
- Los bits restantes del 12 al 32 son reservados para otras aplicaciones. Esos bits pueden ser ajustados en 0 y ser ignorados por el receptor cuando VCAT es activado sin LCAS.

El ciclo entero es proporcionado por el número de tramas que es dividido dentro de 32 pasos de 16ms, dando un total de 512 ms para la longitud de la multi-trama.

<sup>22</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 51.

<sup>23</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 52.

El indicador de secuencia identifica la secuencia o el orden en el cual cada VC-n del VC-n-Xv es ensamblado para formar el contenedor contiguo VC-n-Xc como se muestra en la Figura 1.14. Cada miembro del VCG tiene un único valor de secuencia entre 0 y X-1.

En el caso de que el equipo terminal no sea capaz de recuperar la trama o la secuencia, o si hay demasiado retardo diferencial, el sistema está equipado para generar alarmas (LOA y LOS) al sistema de gestión para destacar estas condiciones.

### **1.9.3 RETARDO DIFERENCIAL VCAT**

La carga útil VCAT puede ser dividida y enviada a lo largo de caminos diferentes a través de la red. Sin embargo, es posible que esos caminos diferentes no cubran la misma distancia y pueden contener un diferente número de elementos de red a lo largo de su ruteo. Esto significaría que los miembros de un VCG no lleguen al mismo tiempo al equipo terminal. Para que el equipo terminal pueda reensamblar la carga útil, debe ser capaz de compensar la diferencia de tiempos de llegada de la carga útil. Esta diferencia de tiempos de llegada es conocida como retardo diferencial.

El retardo diferencial es una medida de tiempo relativo entre miembros de un VCG. Esto significa que en una red NGSDH, el almacenamiento es requerido en el extremo de una conexión con el fin de realinear los flujos de datos. Para caminos VCAT de orden superior, el retardo diferencial es medido examinando el MFI presente en el encabezado de trayecto de cada miembro. Para caminos VCAT de orden inferior la información del número de trama es usado para determinar el retardo diferencial.

Los estándares VCAT definen el máximo retardo diferencial entre miembros de un VCG en 256ms. Sin embargo, dada la cantidad de almacenamiento requerido en los extremos, se da el caso que los extremos NGSDH soporten menos que este máximo, haciendo que las pruebas de VCAT sean una consideración importante al verificar el rendimiento de estos elementos de red.

Se tiene las siguientes ventajas y desventajas de la concatenación virtual.

#### **1.9.4 VENTAJAS**

- Cada trama puede hacer distribuir su capacidad a través de fibra múltiples, gracias al uso de almacenamiento.
- Solo requiere procedimiento en los puntos de terminación.
- Valido para VC-12, VC-3 y VC-4.
- Diferencia de retardo de hasta 256ms.
- Flexibilidad de ancho de banda.
- Uso más eficiente de los recursos.
- Ajuste de capacidad a necesidades de tráfico.

#### **1.9.5 DESVENTAJAS**

- Inflexibilidad. Según los datos y mezcla de tráfico de voz que debe ser llevada, puede haber una cantidad grande de banda no usado, debido a los tamaños fijos de contenedores concatenados.

#### **1.10 ESQUEMA DE AJUSTE DE LA CAPACIDAD DEL ENLACE (LINK CAPACITY ADJUSTMENT SCHEME, LCAS)**

LCAS es definida por la recomendación ITU-T G.7042, es una tecnología complementaria a la concatenación virtual. LCAS permite el cambio dinámico de un grupo VCAT. Para hacer eso, los mensajes de señalización son intercambiados dentro de los mismos bytes de encabezado SDH usados para VCAT entre el emisor y receptor, con el fin de cambiar el número de tributarios usados por un VCG. Por ejemplo, el número de tributarios pueden incrementarse o decrementarse en respuesta a un cambio identificado en el requerimiento del servicio de ancho de banda, o en respuesta a una condición de falla de un miembro de VCG existente.

LCAS trabaja para garantizar la sincronización entre el emisor y el receptor, durante el incremento/decremento del tamaño de un circuito concatenado virtualmente, de tal manera que no interfiera con el cliente de servicio de datos subyacente. Si ocurrieran fallos en un miembro individual de un grupo, el tamaño del grupo puede reducirse temporalmente, en lugar de tomar el grupo entero fuera de servicio. Con LCAS,

cuando el fallo es reparado, el tamaño del grupo es restaurado en todo el ancho de banda, sin afectar el servicio adyacente.

Además de proveer un mecanismo de resistencia para VCAT, LCAS da a los proveedores de servicio la flexibilidad de dar servicios de ancho de banda a la medida. Por ejemplo, si un cierto cliente requiere ancho de banda adicional por un tiempo predefinido. Por lo tanto, para alterar dinámicamente el ancho de banda de los caminos de transporte SDH, LCAS permite a los diseñadores de red ajustar el ancho de banda basados en la calidad de servicio (QoS) u otras consideraciones prioritarias.

Como con VCAT, LCAS es solamente requerido en los extremos de un circuito y el resto de la red no es consciente de su presencia. Para que LCAS opere, en dos vías de transmisión en direcciones opuestas debe ser establecido con el fin de terminar el protocolo, como se muestra en la Figura 1.15.

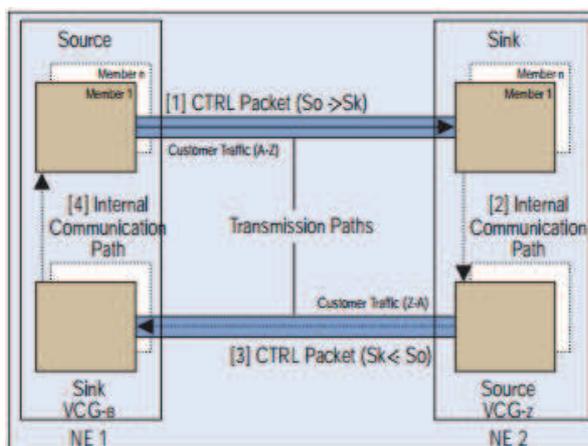


Figura 1.15 Transmisión del protocolo LCAS<sup>24</sup>

Cada uno de esos caminos de transmisión enlaza los equipos de red (Network Element, NE) localizados en cada extremo del circuito. En el protocolo LCAS, un NE es el emisor y otro el receptor. Esto define una ruta de origen. Otro par fuente/receptor en la dirección opuesta, debe también ser creada para servir como ruta de retorno. Entre dos NEs, el intercambio de información siempre procede desde la fuente hasta el receptor. La información es empaquetada en un paquete de control

<sup>24</sup> EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide, pág 56.

(CTRL) que contiene datos acerca de los miembros de la fuente, así como la información transferida desde el receptor.

La Figura 1.15 representa un NE1 fuente que envía un paquete de control a un NE2 receptor. El NE2 recibe el paquete de control y lo procesa. Como resultado de este proceso, detecta el estado de sus miembros compartidos con NE2. Usando la ruta de retorno, NE2 envía su propio paquete de control el cual contiene su propia información de control así como la información del NE2. El bucle del protocolo LCAS se cierra cuando el NE1 comparte la información que es recibida del NE2. Este mismo proceso se realiza si el proceso empieza desde NE2.

### **1.10.1 Paquetes de control LCAS**

A continuación se lista los paquetes de control definidos por la ITU para ambas direcciones de un enlace de señalización LCAS.

- FIXED: Indica que este extremo utiliza ancho de banda fijo (modo no LCAS).
- ADD: Indica que este miembro está a punto de ser añadido al grupo.
- NORM: Indica que no hay ningún cambio; estado estacionario.
- IDLE: Indica que este miembro no es parte del grupo o va a ser eliminado.
- EOS: Indica el fin de la secuencia; transmisión normal.
- DNU: No utilizan la carga útil; indica que el receptor informó estado de fallo.

## **1.11 INTEGRACIÓN DE GFP, VCAT Y LCAS**

Las redes SDH representan una inversión significativa para los proveedores de servicio. Las nuevas tecnologías ahora permiten a los proveedores de servicio mayor eficiencia y flexibilidad en estas redes existentes para el transporte de datos. El uso de GFP para mapear servicios de datos en la infraestructura SDH en el primer paso para orientar la red a datos. VCAT aumenta el valor de la red porque permite el reajuste adecuado de la capacidad de la red para alcanzar las tasas de datos nativas usando lo que, de otra manera, sería ancho de banda fragmentado. También permite que los proveedores de servicio ofrezcan QoS para los servicios de datos gracias a su capacidad para proporcionar anchura de banda muy eficiente. Por su parte, LCAS

realiza el valor de VCAT permitiendo que los proveedores de servicio hagan ajustes de la anchura de banda para resolver las necesidades cambiantes de los clientes de una manera transparente para estos.

La Figura 1.16 muestra como LCAS (junto a GFP y VCAT) integran servicios de datos (amarillo) y TDM (verde) de forma flexible. Un STM-16 entrante por la izquierda tiene dos STM-1 y tres VC-3 configurados para tráfico TDM. El ancho de banda restante está disponible como un STS-3c-14v que proporciona 2.1Gbps bajo GFP para cualquier aplicación de datos.

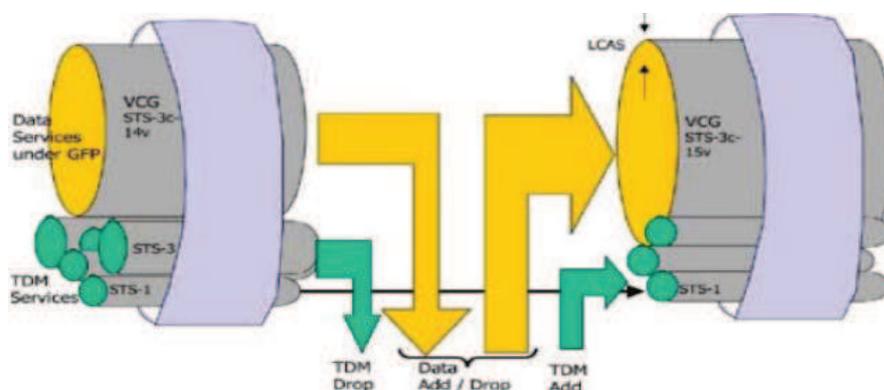


Figura 1.16 Integración de GFP, VCAT y LCAS<sup>25</sup>

Lejos de ser soluciones a corto plazo, estas tecnologías juntas ofrecen una transformación evolutiva en las redes SDH, que permiten que los proveedores de servicio protejan su inversión en la infraestructura de transporte existente y resuelvan el desafío de nuevos servicios de una manera eficiente y flexible.

## 1.12 ÁREAS DE PRUEBA

### 1.12.1 SERVICIO DE TRANSPARENCIA

Las pruebas en los servicios orientados a paquetes como Ethernet deben realizarse en todos los NEs, incluyendo las interfaces SDH tradicionales y PDH entre clientes, la red MAN y el core. Además:

- Cada trama Ethernet recibida es analizada para errores y alarmas.

<sup>25</sup> METAC Telecommunications. Next-Generation SDH "The Next Big Thing", Elektron,

- Los perfiles de tráfico de utilización de la red indican como los nuevos usuarios finales se comportan y determinan si el tráfico es constante o en ráfagas.
- El peor caso de análisis se realiza en el mapeo y demapeo de un gran número de tramas Ethernet cortas u otras condiciones anormales, tales como tramas de gran tamaño.

### **1.12.2 ADAPTACIÓN DEL ANCHO DE BANDA**

Para dar cabida a la demanda de ancho de banda de Ethernet para el cliente, que ha crecido considerablemente, GFP, como las capa de adaptación, rellena el actual ancho de banda disponible en la red de transporte. Cuanto más ancho de banda se necesita, los contenedores virtuales se añaden al VCG, que el GFP reconoce automáticamente, para liberar el ancho de banda adicional. Al probar los NEs, su habilidad para añadir y eliminar contenedores virtuales es verificada, y la confirmación que el GFP pueda apropiadamente responder a cualquier cambio.

### **1.12.3 MECANISMO DE COMPENSACIÓN PARA EL RETARDO DIFERENCIAL**

Cuando la red soporta concatenación virtual, la carga útil es dividida y enviada a través de diferentes caminos de la red. Debido a que estos caminos no son de la misma longitud y contienen un número diferente de NEs, los miembros del VCG no llegan al punto de terminación al mismo tiempo. Antes de volver a reensamblar la carga útil, el equipo de terminación debe compensar este retardo diferencial. Sin embargo, debido a que este proceso consume potencia y memoria, se debe verificar para asegurar que se aplique correctamente. Para evitar un rendimiento pobre, pérdida de la carga útil, o un colapso completo de la conexión, es importante probar:

- La habilidad del NE para almacenar miembros de un grupo para compensar los retardos diferenciales.
- El reensamblaje de los miembros de un grupo para un VGC completo.

#### **1.12.4 ADAPTACIÓN DEL ANCHO DE BANDA DINÁMICO**

Si se utiliza LCAS, simulando el incremento y el decremento del uso del ancho de banda mediante la manipulación de los estados de LCAS se puede verificar si el protocolo se implementó correctamente. LCAS no es simétrica, por lo tanto el forward y el backward necesitan probarse simultáneamente mediante la manipulación de los comandos de control y monitoreando la respuesta del NE. Es importante tener la habilidad de realizar pruebas con equipos que tiene la capacidad de handshake y puede validar la adaptación del ancho de banda sin interrumpir el servicio.

#### **1.12.5 INTEGRIDAD DE LAS INTERFACES DE LOS NEs**

Después de que los NEs de NGSDH estén integrados dentro de las redes SDH tradicionales, deben ser probados para cumplir con las recomendaciones ITU-T /ANSI. En particular las pruebas están diseñadas para verificar la aplicación correcta de error y alarmas de reacción, los identificadores y el contenido del encabezado de trayecto. Aunque la carga útil actual del cliente es transportada por un gran contenedor concatenado contiguo que proporciona el exceso de capacidad, el VCG combina un número de pequeños contenedores virtuales para proporcionar la capacidad de transporte individual. Por lo tanto, para verificar el cumplimiento de las recomendaciones, todas las pruebas se deben realizar en cada contenedor pequeño. Además de las interfaces SD, todas las interfaces de cliente deben ser probadas.

### **1.13 SINCRONIZACIÓN DE TRAMAS SDH**

SDH es una red digital sincrónica y la sincronización es muy importante. Si no se garantiza la sincronización pueden producirse degradaciones considerables de las funciones de la red e incluso una falla total de la red.

Para evitar estos problemas, todos los elementos de la red están sincronizados con una señal de reloj de alta precisión, especificada en la recomendación G.811. La cual está distribuida por toda la red.

Existen cuatro modos de sincronización que son los siguientes:

### 1.13.1 MODO SINCRÓNICO

Todos los relojes de la red se ajustan al reloj de precisión. Es la forma normal de sincronizar dentro de la red sincrónica de un solo operador.

### 1.13.2 MODO SEUDOSINCRÓNICO

No todos los relojes usan el mismo reloj de alta precisión. Pero todos los relojes usados tienen el mismo nivel (G.811). Se usa en redes internacionales.

### 1.13.3 MODO PLESIÓCRONO

El nodo pierde toda referencia externa del reloj y para a operar de forma libre.

### 1.13.4 MODO ASINCRÓNICO

En este modo de sincronización se producen graden variaciones de frecuencia. No es adecuado que la red se ajuste a esta recomendación.

## 1.14 ELEMENTOS DE UN RED SINCRÓNICA

La mezcla de varias aplicaciones es típica en los datos transportados por la red SDH. Las redes sincrónicas deben ser capaces de transmitir señales plesiócronas y, al mismo tiempo, ser capaces de soportar servicios futuros. Todo esto requiere el empleo de distintos tipos de elementos de red.

### 1.14.1 REGENERADORES

Se encargan de regenerar la señal de reloj y la amplitud de las señales de datos entrantes que han sido atenuadas y distorsionadas por la dispersión y otros factores. Obtienen las señales de reloj del propio flujo de datos entrante. El principio de regeneración se muestra en la Figura 1.17.

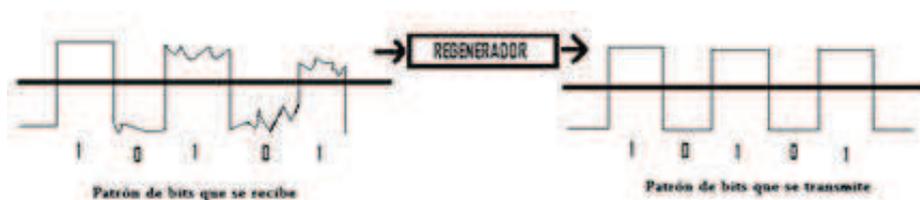


Figura 1.17 Bloque Regenerador y Principio de Regeneración<sup>26</sup>

<sup>26</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Principios de SDH, 2006

### 1.14.2 MULTIPLEXORES

Se utilizan para combinar las señales de entrada y terminales sincrónicas en señales STM-N de mayor velocidad. Estos equipos distribuyen eficientemente el ancho de banda disponible en el enlace troncal para acomodar todas las señales que requieren ser transportadas. El principio de multiplexación se muestra en la Figura 1.18.

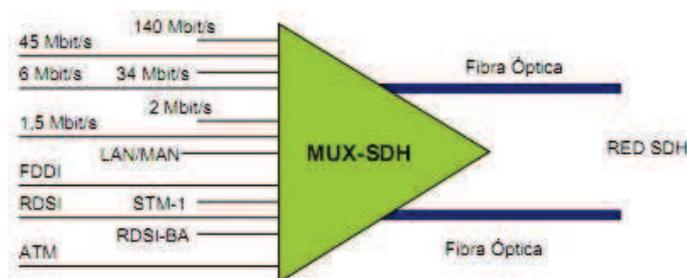


Figura 1.18 Bloque Multiplexor y Principio de Multiplexación<sup>27</sup>

### 1.14.3 MULTIPLEXORES ADD/DROP (ADM)

Permiten insertar o extraer señales plesiócronas y sincrónicas de menor velocidad del flujo de datos SDH de alta velocidad. Debido a estas características, es posible configurar estructuras de redes en anillo, que ofrecen la posibilidad de conmutar automáticamente a un trayecto de back-up en caso de falla de algún elemento de la red. En la Figura 1.19 se muestra el principio de funcionamiento de un Multiplexor Add/Drop.

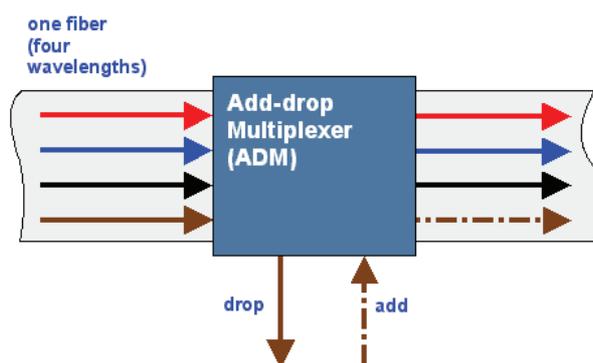


Figura 1.19 Bloque Multiplexor Add/Drop y Principio de Multiplexación Add/Drop<sup>28</sup>

<sup>27</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Principios de SDH.

<sup>28</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Principios de SDH.

#### 1.14.4 TRANSCONECTORES DIGITALES (DIGITAL CROSS-CONNECTS)

Es el elemento de red que más funciones tiene. Permite mapear las señales tributarias PDH en contenedores virtuales y agregados STM, así como conmutar múltiples contenedores. En la Figura 1.20 se indica el bloque Transconector Digital.

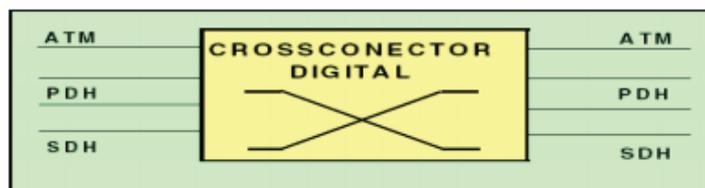


Figura 1.20 Transconector Digital<sup>29</sup>

### 1.15 ARQUITECTURA DE RED

Es como se organizan dentro de la topología los elementos de una red SDH y su interconexión. Lleva asociado los diferentes tipos de elementos y de enlaces. Algunos de los tipos de arquitectura de listan a continuación.

#### 1.15.1 PUNTO A PUNTO

Se compone de dos multiplexores terminales unidos por uno o dos enlaces (con protección implementada) STM-N. En cada uno de los multiplexores se arma y se desmonta la trama completa. En la Figura 1.21 se muestra una topología Punto a Punto sin protección mientras tanto en la Figura 1.22 se indica una topología Punto a Punto con protección.

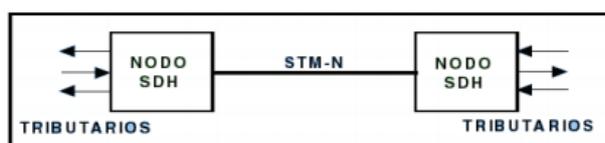


Figura 1.21 Topología Punto a Punto sin protección<sup>30</sup>

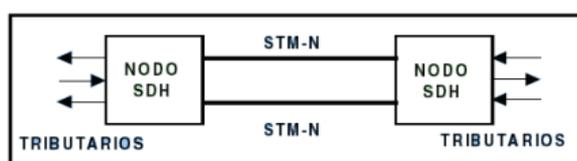


Figura 1.22 Topología Punto a Punto con protección<sup>31</sup>

<sup>29</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Principios de SDH.

<sup>30</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Redes y Protecciones SDH.

<sup>31</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Redes y Protecciones SDH.

### 1.15.2 LINEALES

Se componen por una sucesión de Multiplexores Add/Drop, que finaliza en cada extremo por un multiplexor terminal. En la figura 1.23 se ilustra una topología lineal.

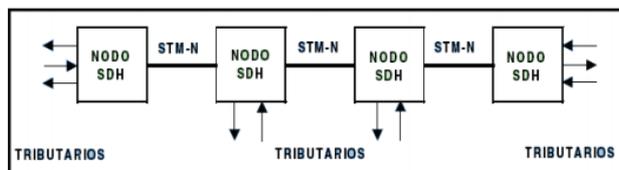


Figura 1.23 Topología Lineal<sup>32</sup>

### 1.15.3 ANILLOS

Se compone por un conjunto de Multiplexores Add/Drop con dos enlaces STM-N unidos entre sí en forma de un anillo físico. En la Figura 1.24 se muestra un ejemplo de una topología en anillo.

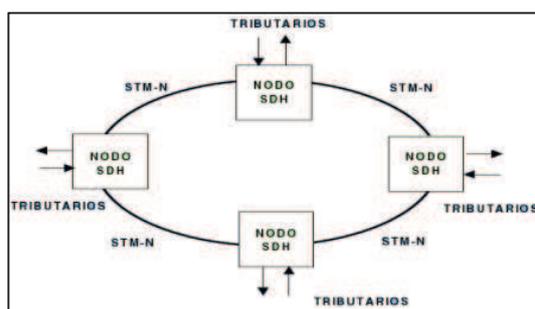


Figura 1.24 Topología en Anillo<sup>33</sup>

A partir de las topologías básicas mencionadas es posible realizar combinaciones entre ellas, aprovechando las características de los equipos en particular y de la red que se desea implementar. Se puede aprovechar lo mejor de las topologías para utilizarlas en protecciones y redundancias en lugares donde la red es vulnerable y además se puede aislar los flujos de tráfico innecesarios para que no ocupen o malgasten el ancho de banda disponible.

## 1.16 PROTECCIONES

La disponibilidad de una red de transporte se vuelve más crítica debido al crecimiento de servicios y ancho de banda que necesitan las aplicaciones actuales.

<sup>32</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Redes y Protecciones SDH.

<sup>33</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Redes y Protecciones SDH.

Es por esto que se han creado diferentes métodos para proteger las redes de alguna falla en el servicio. Las redes SDH se caracterizan por la cantidad de protecciones que permite implementar, siendo disponibles algunas solo para aplicaciones con gran ancho de banda como lo son las redes a nivel STM-16 o superior.

#### **1.16.1 PROTECCIONES DE EQUIPAMIENTO**

Las fallas de los elementos de red hacen a la red de transporte vulnerable a caídas en el servicio, disminuyendo la disponibilidad de todo el sistema de transmisión. Por lo tanto se busca proteger algunas de las tarjetas de un elemento de red en particular. Por ejemplo, módulos de temporalización, la matriz cross-conectora, módulos de alimentación y unidades de tributarios, etc.

Cuando las protecciones de nivel en elementos de red se implementan en una tarjeta de respaldo por cada tarjeta en servicio, se conocen como protecciones de equipamiento 1+1. Esta protección presenta ventajas de confiabilidad y flexibilidad en la operación y mantenimiento. El procedimiento es sencillo, una de las tarjetas se conoce como tarjeta principal que se encuentra en servicio, mientras que la otra se encuentra inactiva y se conoce como respaldo. Si la tarjeta principal presenta alguna falla, el equipo la saca de servicio y conmuta la operación a la tarjeta de respaldo.

Sería muy costoso implementar una protección del tipo 1+1 ya que implica la duplicación de todas las tarjetas de un equipo. Existen otros tipos de protecciones conocidos con 1:N, donde se utiliza una tarjeta de respaldo por cada N elementos de red, si uno de los elementos falla será conmutado a esta tarjeta de respaldo.

Existen otros tipos de protecciones que pueden ser implementadas. Por lo general, se pueden tener equipos de repuesto por cada N equipos activos de la red y en caso de alguna falla hacer el cambio manual con uno de los equipos, este factor también aumenta considerablemente la disponibilidad de la red.

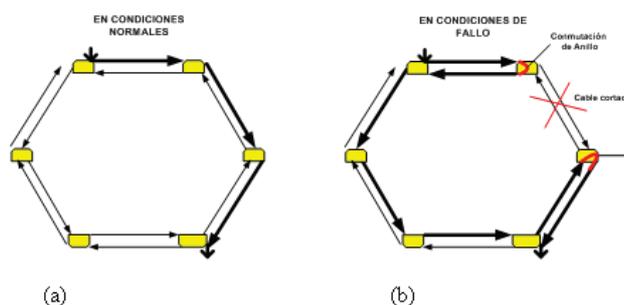
#### **1.16.2 RESISTENCIA DE LA RED**

Los elementos de red no son los únicos que pueden ser protegidos en caso de falla. Los enlaces de la red y los caminos del tráfico de tributario también deben ser

protegidos para asegurar la disponibilidad. Estas protecciones construyen caminos alternativos para el tráfico en caso de falla de algún elemento de red o un enlace dentro del proyecto principal, antes de que ocurra una caída en el servicio. A continuación se presentan algunos casos de resistencia de la red.

#### 1.16.2.1 Anillo bidireccional (1+1)

En este caso cada segmento del anillo es bidireccional. Además se dispone de una protección adicional que consiste en duplicar la información por vías paralelas (1+1). Se trata de enlaces punto a punto en topología anillo mediante cross-connect. En la Figura 1.25a se muestra una topología en anillo que se encuentra en condiciones normales por lo tanto opera sin ninguna novedad, mientras tanto en la Figura 1.25b se ilustra una topología en anillo en la que se ha producido una falla en uno de los enlaces por lo tanto para no perder el servicio se realiza una conmutación en el nodo más cercano para que el servicio sea transportado por la protección.



(a) (b)  
Figura 1.25 Protección Bidireccional (1+1)<sup>34</sup>

#### 1.16.2.2 Anillo unidireccional (1+1)

La información circula en el anillo en un solo sentido. Es útil en anillos pequeños pues la conexión entre puntos cercanos requiere girar todo el anillo. Se usa en redes de datos LAN, Token Ring y FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

#### 1.16.2.3 Protección de la Sección de Multiplexación (Multiplex Section Protection, MSP)

Este tipo de protección se utiliza en enlaces punto a punto 1+1 (cada enlace tiene su propia protección) ó 1+N (algunos enlaces son protegidos por un solo enlace). Forma

<sup>34</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Redes y Protecciones SDH.

parte del enlace en anillo. Conmuta mediante los bytes K1 y K2 del MSOH. Cuando no se necesita de la protección se puede usar para tráfico llevar tráfico extra. En la Figura 1.26 se muestra la Protección MSP 1+1.

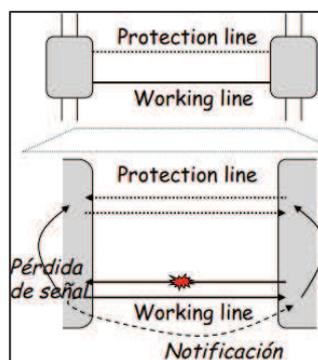


Figura 1.26 Protección MSP 1+1<sup>35</sup>

En la Figura 1.27 se ilustra la Protección MSP 1+N.

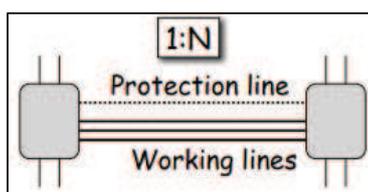


Figura 1.27 Protección MSP 1+N<sup>36</sup>

#### 1.16.2.4 Protección de Conexión de la Subred (Subnetwork Connection Protection, SNCP)

Función de protección de trayecto que permite ingresar un tributario en ambas direcciones del anillo sobre un equipo ADM y seleccionar en la matriz de conmutación la dirección en mejor estado. En este caso el tráfico de cada tributario ocupa un lugar en ambas ramas del anillo.

#### 1.16.2.5 Anillo de Auto-recuperación Bidireccional (Bidirectional Self-Healing Ring, SHR)

El sistema consta de un anillo de enlaces bidireccionales entre un conjunto de estaciones. En uso normal, el tráfico se envía en la dirección de la ruta más corta hacia su destino.

<sup>35</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Redes y Protecciones SDH.

<sup>36</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LDT. Redes y Protecciones SDH.

Este tipo de anillo posee una redundancia que solo se opera cuando una de las ramas se ha interrumpido. El tráfico derivado por la rama interrumpida se conmuta hacia la redundancia de reserva. Utiliza el protocolo de conmutación ITU-T G.841.

#### 1.16.2.6 **Mitad de Carga**

Cada tributario STM-N se carga con la mitad de tráfico. En STM-16 solo 8 tributarios de STM-1 son utilizados. En caso de falla de otra línea, el tráfico se transfiere sobre la capacidad vacante.

#### 1.16.3 **RESTAURACIÓN**

Se trata de encontrar un camino alternativo en caso de falla. Ofrece gran flexibilidad, presenta un gran número de opciones de reenrutamiento, por lo que los algoritmos son relativamente complejos. El tiempo de procesamiento necesario para encontrar la ruta de tráfico alternativo es una dificultad en la rápida restauración del tráfico afectado, ya que en este caso, el tiempo transcurrido entre el fallo y la restauración, puede ser hasta de un orden de magnitud superior a los mecanismos de protección. También se debe tener en cuenta que la restauración se inicia únicamente tras la detección de pérdida de señal por parte del sistema por parte del sistema de gestión de red, y no cuando el fallo ocurre.

Los tiempos de restauración son relativamente lentos, en el orden de los segundos, minutos o hasta horas. Este proceso se relata a continuación:

- Se detecta alarmas de la red por medio del sistema de gestión.
- Se analizan las alarmas para determinar su causa.
- Conexión de la subred alternativa para restaurar el camino.
- Camino implementado por cambio de conexiones.
- Camino válido.

### 1.17 **GESTIÓN DE LOS ELEMENTOS DE RED**

La gestión de red trata sobre la planificación, organización, supervisión y control de elementos de red para garantizar el servicio. Los objetivos principales de la gestión

de res consisten en mejorar la disponibilidad y el rendimiento de los elementos del sistema, así como incrementar su efectividad.

Una desventaja que tienen las redes es que los equipos son de diferentes fabricantes, por lo que única forma de gestionar es con sistemas de gestión que utilicen estándares abiertos para compatibilizar protocolos e información. Se han desarrollado diversas iniciativas con el fin de ofrecer recomendaciones y estándares abiertos para tratar de dar solución a estas problemáticas. En la Figura 1.28 se indica un esquema simple de una red gestionada.

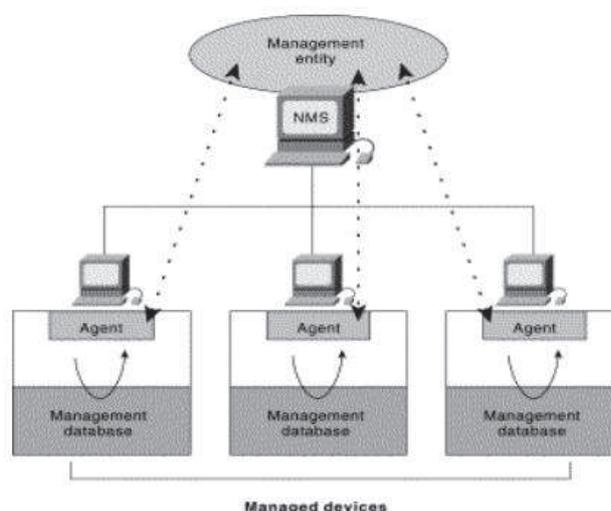


Figura 1.28 Estructura de una Red Gestionada<sup>37</sup>

### 1.17.1 GESTIÓN ESTÁNDAR DE RED

A continuación se presentan los elementos básicos que una gestión de red.

#### 1.17.1.1 Gestor

Estación de trabajo donde se ejecutan las aplicaciones de gestión de red, dispone de interfaces gráficas para presentar información al usuario y facilitarle la invocación de operaciones de gestión. Interactúa con el administrador de red y es el punto central de control de los dispositivos.

<sup>37</sup> HACKBARTH K D, Arquitectura de Redes Propietarios, Universidad de Cantabria.

#### 1.17.1.2 **Agente**

Suele ejecutarse en el dispositivo a gestionar (host, router, hub) o en una estación con acceso a los recursos gestionados. Responde a peticiones del gestor y puede asincrónicamente enviarle información acerca de algún evento importante.

En las redes SDH, los agentes están situados en los elementos de red (NE) tales como conmutadores. Un objeto gestionado puede ser una unidad física (una tarjeta modular, una sección de multiplexación) o un elemento lógico (una conexión virtual).

#### 1.17.1.3 **Base de Información de Gestión (Management Information Base, MIB)**

Información mantenida en el Agente y sobre la que realiza las peticiones el Gestor. Es una base de datos que contiene la información jerárquica y estructurada de todos los dispositivos gestionados en una red de comunicaciones.

Es parte de la gestión de red definida en el modelo OSI. Define las variables que el Protocolo Simple de Administración de Red (Simple Network Management Protocol, SNMP) usará para supervisar y controlar los componentes de una red. Se compone de una serie de objetos que representan los dispositivos (enrutadores y conmutadores) en la red.

#### 1.17.1.4 **Protocolo de Gestión**

Es utilizado para la comunicación entre el Gestor y el Agente. Define parámetros como: Tipos de mensajes y operaciones, Seguridad (autenticación, privacidad) y Manejo de secuencias.

### 1.17.2 **SEÑALES DE MANTENIMIENTO EN SERVICIO**

Con los bytes de datos del encabezado se obtiene un reporte real de las condiciones de alarmas de los elementos de red. Esta información localiza las fallas rápidamente, se usa un proceso de priorización y eliminación para determinar donde se encuentra la falla, la posible causa y las necesidades para corregirlas.

Las señales de alarma y de comprobación de paridad en la estructura de señales SDH permiten realizar con eficiencia pruebas en servicio. Las principales condiciones de alarma son:

- Pérdida de señal (Loss of Signal, LOS)
- Pérdida de trama (Loss of Frame, LOF)
- Pérdida de puntero (Loss of Pointer, LOP)

Provocan la transmisión de señales de indicación de alarma (Alarm Indication Signals, AIS) a la siguiente etapa de proceso.

Se generan distintas AIS, dependiendo del nivel de jerarquía de mantenimiento que se ve afectada. En respuesta a las diferentes señales AIS y a la detección de graves condiciones de alarmas del receptor, se envían otras señales de alarma a las anteriores etapas del proceso para advertir de los problemas detectados en la siguientes etapas.

Esta señal se llama falla de recepción en el extremo remoto (Remote End Reception Failure, FERF), se envía a etapas anteriores en el SOH de la sección multiplexora que haya detectado una condición de alarma AIS, LOS ó LOF; una indicación de alarma remota (Remote Alarm Indication, RAI). A continuación se detalla algunas condiciones de las alarmas indicadoras de fallas.

- **Pérdida de Señal (LOS):** Se produce cuando el nivel de la señal recibida está por debajo del valor permitido que es igual a  $BER=10^{-3}$ . Se abandona el estado de LOS cuándo se reciben dos tramas consecutivas válidas.
- **Fuera de Trama (OOF):** Se produce cuando se reciben 4 tramas SDH consecutivas no válidas. Por lo tanto el tiempo máximo de detección de OOF es de  $625\mu s$ . Se abandona el estado OOF cuando se reciben dos tramas SDH consecutivas válidas.
- **Pérdida de Trama (LOF):** Se produce cuando se mantiene en el estado OOF durante XXXX ms. Se abandona el estado LOF cuando las tramas llegan

continuamente durante XXXX ms. El tiempo denominado XXXX está en el rango entre 1 y 3 ms.

- **Pérdida de Puntero (LOP):** Se produce cuando se reciben N punteros no validos consecutivos, donde N puede tomar valores entre 8 y 10. Se abandona el estado LOP cuando se reciben 3 punteros consecutivos válidos.
- **AIS de la Sección del Multiplexor (MS-AIS):** Es enviado por el equipo terminal de sección de multiplexación (MSTE), para alertar a los MSTE en las siguientes etapas que se han detectado estados de LOS y LOF.
- **AIS de ruta AU:** Enviado por el MSTE para indicar a los equipos terminales de trayecto de orden superior (High Order Path Terminating Equipment, HO-PTE), situados en las siguientes etapas del proceso que se ha detectado un estado de LOP o se ha recibido un AIS de trayecto AU.
- **AIS de trayecto AU:** Es enviado a las siguientes etapas del proceso para indicar a los equipos terminales de trayecto de orden inferior (Low Order Path Terminating Equipment, LO-PTE) que se ha detectado un estado TU-LOP o se ha recibido un AIS de trayecto.

## **CAPÍTULO II**

### **DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL IMPLEMENTADA ENTRE SANTO DOMINGO Y ESMERALDAS**

#### **2. INTRODUCCIÓN**

La RTFO es la Red Troncal de Fibra Óptica, es una Red de transmisión de multiplexores SDH administrada por la CNT EP que globalmente comprende varios sistemas y varias configuraciones, distribuidos geográficamente que interconectan las principales ciudades del Ecuador.

En este capítulo se detalla el estado de la red SDH instalada entre las ciudades de Santo Domingo y Esmeraldas de propiedad de CNT EP para el año 2012. Se realizará un análisis de la situación actual, el cual permitirá justificar los cambios que la red necesita para poder adaptarse al avance tecnológico.

La RTFO que pertenece a CNT EP se encuentra inmersa en varios proyectos que permitirán mejorar la calidad y la disponibilidad de los servicios que presta. Entre estos proyectos se encuentran:

- Implementación de la Red DWDM Nacional con tecnología ASON.
- Ampliación de las redes de acceso.
- Implementación de las Redes Metropolitanas DWDM en las ciudades de Quito y Guayaquil.
- Implementación de redes con tecnología GPON.

Estos proyectos exigen que la infraestructura de la red tenga mayor robustez y mayor capacidad porque son aspectos vitales para la operación y el servicio que la CNT EP presta. La seguridad es otro tema importante ya que la red SDH actual, lleva información vital y confidencial.

## 2.1 ANTECEDENTES E HISTORIA

LA RTFO empieza su funcionamiento en el año 2003 con equipos de tecnología SDH de fabricación Siemens. En un principio comprendía tres sistemas, cada uno en configuración lineal, los cuales interconectaron las principales ciudades del Ecuador. Los tres sistemas que conformaban la RTFO son y se muestran en la Figura 2.1:

- Sistema 1 (S-1): Que interconecta las ciudades de Quito y Guayaquil con un enlace de 501.65 Km
- Sistema 2 (S-2): Que interconectan las ciudades de Ambato y Cuenca con un enlace de 343.64 Km
- Sistema 3 (S-3): Que interconectan las ciudades de Quito y Tulcán con un enlace de 310.99 Km



Figura 2.1 Distribución Nacional de la Red de Fibra Óptica año 2003<sup>1</sup>

En el año 2005 se incorpora a la red el nodo de Salcedo con su propio ADM y una capacidad inicial de un STM-16.

En el 2006 se adquieren tarjetas y software para ampliar la ruta Quito – Guayaquil y actualizar los ADMs, además se incorpora el nodo Troya, provincia del Carchi a la red.

En los años 2007 y 2008 se integran nuevas estaciones: San Miguel de Bolívar, Lasso, San Andrés de Chimborazo, Guano y adicionalmente se amplía la capacidad de línea Quito – Ambato – Guayaquil.

<sup>1</sup> CNT EP, Información General de la Red Troncal de Fibra Óptica

En el año 2008 se incorporan equipos SDH de marca Fiberhome para ampliar la ruta Quito – Ambato a una capacidad de línea de un STM-4. Con la incorporación de los nuevos equipos de tecnología SDH marca Huawei y una capacidad de línea de un STM-16. CONECEL S.A., por convenio facilita la protección entre Quito y Guayaquil.

Para el año 2009 con tecnología NGSDH se culmina el proyecto del Anillo Aeropuerto, que incluye a las localidades de: Quito Centro, Tumbaco, Puembo, Pifo, Tababela, Aeropuerto, Yaruqui, Checa, El Quinche, Guayllabamba y Quito, con una capacidad de línea de un STM-16.

En el mismo año 2009, se cuenta con equipos de tecnología DWDM en configuración tipo Anillo para las rutas Quito – Guayaquil y Quito – Tulcán con capacidades de STM-64 (10Gbps), 10GE y 1GE. Con la fusión de Pacifictel y Andinatel en CNT EP se incorpora equipos SDH y DWDM de marca ZTE, que incluyen a dos Anillos DWDM, Anillo DWDM-1: Guayaquil, Salinas, Manta, Santo Domingo, Iñaquito, Ambato, Guaranda y Babahoyo, Anillo DWDM-2: Iñaquito, Ibarra y Tulcán.

Para el año 2010 la RTFO administra equipos instalados con fibra óptica en forma lineal en localidades del Oriente: Santa Cecilia – Lago Agrio con una capacidad de línea de un STM-4; El Eno – San Pablo de los Cofanes, Jivino – 7 de Julio – Sacha–Coca; Archidona – Tena con una capacidad de un STM-1; como también entre Quito Centro – Machachi con capacidad de un STM-1. Además se instaló la red de fibra óptica con equipos a nivel de STM-16 desde Santo Domingo hasta Esmeraldas.

Se implementó la Red Nacional de Transmisión con tecnología y equipos SDH y DWDM de marca Huawei, que incluye el Anillo DWDM-3: Ambato, Guaranda, Babahoyo, Guayaquil, Machala, Loja, Cuenca y Riobamba y en equipos SDH los Anillos de la red Nororiente, Centro – Oriente, Suroriente y el Anillo Norte: Viche, Quinindé, La Unión, La Concordia, Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado, Los Bancos, Iñaquito, Esmeraldas, San Lorenzo, Ibarra, Salinas, Lita, San Lorenzo, Borbón, Las Peñas, Río Verde, Tachina.

Con el constante avance tecnológico, se requiere un continuo cambio hacia tecnologías actualizadas que permitan ofrecer nuevas y mejores prestaciones; por lo

que CNT EP, considerando que la tecnología de Transmisión PDH genera inconvenientes técnicos como la degradación de tarjetas, dificultad de realizar mantenimiento por falta de stock de repuestos porque los proveedores ya no los producen, por ser una tecnología discontinuada, PDH no permite una gestión centralizada. Por lo tanto la RTFO opta por cambiar este tipo de tecnología con equipamiento de nueva generación que permita ofrecer mejores características, tales como:

- Administración centralizada.
- Posibilidad de interconexión a tecnologías de nueva generación.
- Soporte de protocolos de nueva generación.

La implementación de la tecnología SDH permite ofrecer mejores servicios y optimizar recursos técnicos y/o humanos puesto que desde el centro de gestión se podrían solventar fácilmente la mayoría de posibles fallas y no sería necesaria la movilización de personal calificado.

## **2.2 VISIÓN GLOBAL DE LA RED DE CNT EP**

### **2.2.1 MISIÓN**

Proveer servicios de transporte de voz, datos y video cumpliendo normas y estándares internacionales, garantizando al cliente servicios de excelente calidad y confiabilidad con personal idóneo e involucrado con el crecimiento y desarrollo de la RTFO, para mantener a la CNT EP, como líder del mercado de las telecomunicaciones a nivel nacional.

### **2.2.2 VISIÓN**

A fines del año 2012, la RTFO será la unidad de soporte y provisión de servicios de telecomunicaciones con los más altos índices de confiabilidad y calidad, con tecnología de punta, personal capacitado e infraestructura óptica a nivel nacional, que permitan hacer de esta unidad, una de las más importantes y productivas en la CNT EP.

## **2.3 OBJETIVOS**

La CNT EP, dentro de los objetivos primordiales, para estar acorde con el avance de la tecnología prevé:

- Aumentar la capacidad de transmisión hacia ciudades importantes y salidas internacionales.
- Aumentar el índice de confiabilidad mediante la implementación de nuevos proyectos que permitan contar con anillos de fibra a nivel nacional.
- Ingresar poblaciones de menor tráfico a la red troncal, siendo el principal soporte para el desarrollo de estas zonas con servicios de datos e Internet.
- Expandir servicios de transmisión de voz, datos, video mediante fibra a nuevas capitales de provincia, especialmente en regiones de la costa y oriente, es decir tratar de cubrir el mayor territorio nacional.
- Disminuir tiempos de reparación e instalación de servicios.
- Contar con personal calificado e involucrado mediante capacitación continua, reconocimientos remunerativos y no remunerativos.

## **2.4 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA RED TRONCAL DE FIBRA ÓPTICA (RTFO)**

Dentro de las actividades principales que se realizan dentro del área de la RTFO, se coordinan 5 actividades principales:

### **2.4.1 RECEPCIÓN DE EQUIPOS**

Los equipos que serán utilizados en los proyectos y que estén a cargo de la CNT EP, serán analizados y probados mediante pruebas locales, de sistema y de gestión, para su posterior instalación de acuerdo a la necesidad del proyecto.

### **2.4.2 MANTENIMIENTO**

El mantenimiento preventivo y correctivo de todos los enlaces que constituyen la Red Troncal de Fibra Óptica para la CNT EP, están a cargo de una empresa particular.

Tiene una organización dedicada al mantenimiento preventivo y correctivo, para garantizar el permanente y buen funcionamiento de la RTFO asegurando la reposición del servicio en el menor tiempo posible en caso de existir alguna falla.

Es importante destacar que los tiempos máximos, previstos para restablecer el servicio son los siguientes:

- Sistema de Transmisión: 6 horas por corte.
- Planta Externa (por corte físico u óptico de la señal): 9 horas por corte.

La organización, tanto para la realización del mantenimiento preventivo rutinario, como para una óptima reacción en caso de una emergencia, está conformada por:

- Centro de Gestión y Call-Center en Quito para RTFO.
- Recursos Humanos de Prevención y Corrección.

### **2.4.3 GESTIÓN Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN**

Para la Gestión de la red se cuenta con sistemas de Gestión, TNMS (Siemens), el OptiX iManager T2000 (Huawei), OTNM2000 (Fiberhome), estos sistemas de gestión permiten administrar el tráfico de la red y detectar las diferentes fallas, bien sea de los elementos de la red o de la fibra óptica, supervisado por el Ingeniero de turno, aparte de la supervisión de alarmas, el personal está capacitado para realizar varios trabajos como:

- Activación de servicios.
- Creación de servicios.
- Cableado y conectorización de servicios.
- Pruebas de operación y habilitación.

Adicionalmente a estos sistemas, se encuentra un centro de monitoreo de Fibra Óptica, el cual funciona mediante el software de Sistema de Administración de Red de Fibra Óptica (Optic Fiber Network Management System, OFNMS), que emplea un Reflectómetro de Dominio de Tiempo Óptico (Optical Time Domain Reflectometer, OTDR), que permiten tener en el centro de gestión la información del estado de cada

uno de los enlaces de la red y de las fibras oscuras (sin tráfico), a ser asignadas, los que entregarán los reportes de los tramos supervisados.

#### **2.4.4 ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS**

Dentro de una de las partes en la que se soporta la RTFO, es en la disponibilidad de materiales, ya que sin ellos no podría ser atendida cualquier falla, en el más mínimo tiempo, siendo responsables todas aquellas personas asignadas en el área, que los materiales existentes, sean utilizados en beneficio de la empresa.

#### **2.4.5 PROYECTOS DE MEJORAMIENTO DE LA RED**

Para continuar con el avance de tecnología y debido a las necesidades que se presentan por medio de los clientes, es necesario e indispensable avanzar con nuevos proyectos, para lo cual los Ingenieros pertenecientes al área están capacitados para realizar bases de proyectos, supervisar y calificar las propuestas de los proyectos aprobados.

### **2.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

A continuación se presentan las características de la red implementada entre las ciudades de Santo Domingo y Esmeraldas, donde se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: el sistema de gestión, análisis de cada estación de la red donde se estudia el estado y capacidad de las tarjetas de red, análisis de los servicios implementados en la red, análisis de planta externa donde se estudia el estado de los cables de fibra óptica, atenuaciones, además se explican algunas fallas que la red en general ha sufrido en los últimos meses, que justificarían un cambio de tecnología y probablemente de proveedor de los equipos que están instalados en las estaciones.

#### **2.5.1 SISTEMA DE GESTIÓN**

El sistema de gestión es una red LAN conformada de Servidor, Netserver, Clientes y Routers, esta red LAN es el cerebro de la gestión, por lo que representa la plataforma mediante la cual se gestiona toda la red. Entre sus objetivos están:

- Mejorar la continuidad en la operación de la red con mecanismos adecuados de control y monitoreo, de resolución de problemas y de suministro de recursos.
- Realizar un uso eficiente de la red y utilizar de mejor manera los recursos, como por ejemplo, el ancho de banda.
- Reducir los costos por medio del control de gastos y de mejores mecanismos de cobro.
- Hacer de la red más segura, protegiéndola contra el acceso no autorizado, haciendo imposible que personas ajenas puedan entender la información que circula en ella.
- Controlar cambios y actualizaciones en la red de modo que ocasionen el menor número de interrupciones posibles, en el servicio a los usuarios.

La gestión de red se vuelve más importante y difícil si se considera que las redes actuales comprenden lo siguiente:

- Mezclas de diversas señales, como voz, datos e imagen.
- Interconexión de varios tipos de redes, como WAN, LAN y MAN.
- El uso de múltiples medios de comunicación, como par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, satélite, láser, infrarrojo y microondas.
- Diversos protocolos de comunicación, incluyendo TCP/IP, OSI.
- El empleo de muchos sistemas operativos, como DOS, Windows, OS/2.
- Diversas arquitecturas de red, incluyendo Ethernet 10baseT, Fast Ethernet, Token Ring, FDDI y Fiber Channel.

Con el sistema de gestión podemos conocer las características de cada uno de los enlaces como por ejemplo:

- Si existe algún corte en algún hilo de fibra o un corte total del cable de fibra.
- Potencia de salida y entrada óptica en cada interfaz de los puertos.
- Si alguna tarjeta en alguna estación está presentando alguna falla.

Una de las ventajas es su gestión de forma centralizada, ya que no hace necesaria la movilización de personal capacitado, a menos que sea necesario.

### 2.5.1.1 Sistema de Gestión OTNM2000

OTNM2000 es un sistema de gestión de redes desarrollado por Fiberhome, que puede gestionar eficientemente diferentes productos de acceso y de transmisión con tecnología de Fiberhome en una sola plataforma. En la Figura 2.2 se ilustra la estructura con la que trabaja el sistema de gestión OTNM2000.

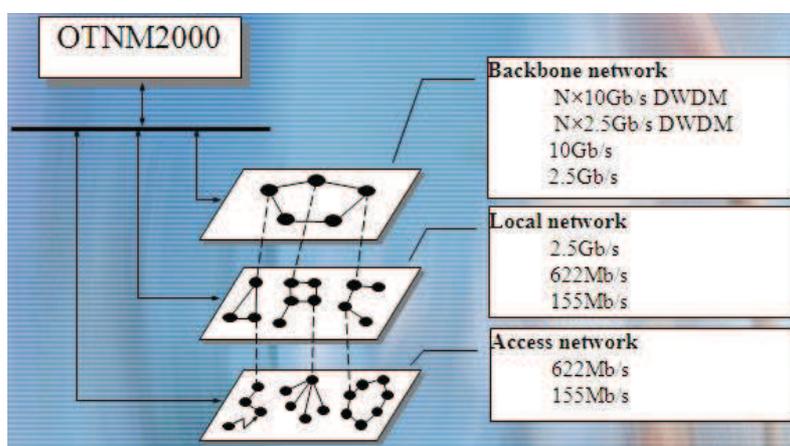


Figura 2.2 Estructura OTNM2000<sup>2</sup>

Es fácil de operar para los usuarios y reduce los costos de mantenimiento. Algunas de sus características son:

- Modos de trabajo flexibles para los requerimientos de los usuarios.
- Administración de desempeño, fallas, configuración y seguridad.
- Interfaz gráfica de usuario amigable
- Gestión de mantenimiento remoto

### 2.5.1.2 Modos de trabajo OTNM2000

EL OTNM2000 soporta varios modos de trabajo para satisfacer los requerimientos de las diferentes aplicaciones, las operaciones de configuración varían con el modo de trabajo. A continuación se presentan algunos modos de trabajo del OTNM2000.

<sup>2</sup> FIBERHOME, e-Fim OTNM2000 Element Management System Installation Manual.

### 2.5.1.2.1 Modo Uniprocador

Es el más simple entre los modos de trabajo usado comúnmente. En este modo el OTNM2000 trabaja únicamente con un computador. En la Figura 2.3 se ilustra el Modo Uniprocador del Sistema de Gestión OTNM2000.

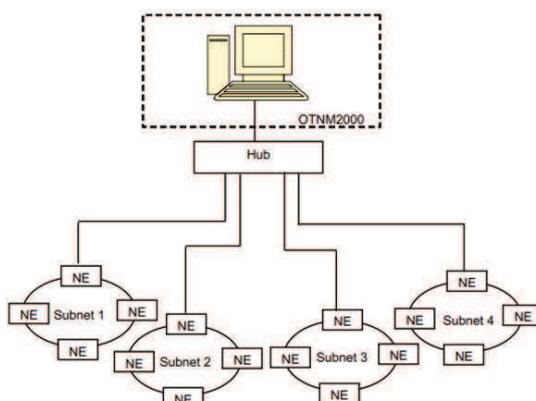


Figura 2.3 Modo Uniprocador OTNM 2000<sup>3</sup>

### 2.5.1.2.2 Modo Cliente/Servidor

En el modo Cliente/Servidor, los clientes (terminales) OTNM2000 y el servidor OTNM2000 pueden operar en diferentes computadores. El modo Cliente/Servidor se ilustra en la Figura 2.4.

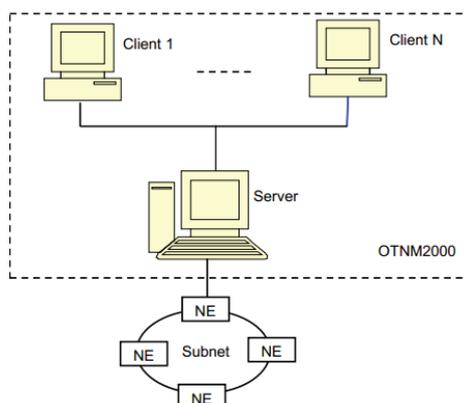


Figura 2.4 Modo Cliente/Servidor OTNM 2000<sup>4</sup>

A continuación se presentan algunas características de los servidores y clientes OTNM2000.

<sup>3</sup> FIBERHOME, e-Fim OTNM2000 Element Management System Installation Manual.

<sup>4</sup> FIBERHOME, e-Fim OTNM2000 Element Management System Installation Manual.

- Servidor OTNM2000
  - La Interfaz Gráfica de Usuario (Graphical User Interface, GUI) muestra los sistemas administrados para que se pueda configurar convenientemente los dispositivos instalados. Con la observación de los indicadores LED de los objetos gestionados, se puede detectar claramente el cambio en el rendimiento de los sistemas administrados y controlar los eventos de alarma.
  - Incluye un módulo de recopilación de datos, una base de datos, y el módulo de procesamiento de datos.
  - Tiene espacio para una base de datos propia.
- Cliente OTNM2000
  - Incluye sólo la interfaz gráfica de usuario (igual a la interfaz gráfica de usuario en el servidor). Los dispositivos se conectan con el servidor y son gestionados por el mismo, el cliente no puede manejar los dispositivos directamente, sino indirectamente por el acceso al servidor.
  - Se comunica con los sistemas administrados, recoge diversos datos del sistema y los guarda en la base de datos. Indaga el estado sobre todos los sistemas a su alrededor, paulatinamente comprueba si el estado del sistema ha cambiado desde la primera consulta y actualiza la base de datos si es necesario.
  - No tiene espacio para una base de datos propia y puede funcionar normalmente después de haber sido conectado a un equipo que tiene espacio para base de datos.

#### *2.5.1.2.3 Modo Nivel1/Nivel2*

El modo cliente/servidor es un modo de gestión de red conveniente y eficaz, sin embargo, con la ampliación de la escala de la red, no se logrará la gestión conveniente y eficaz si sólo se utiliza un Sistema de Administración de Elemento (Element Management System, EMS). En estos casos, el modo de Nivel1/Nivel2 es más conveniente. En la Figura 2.5 se ilustra el modo Nivel1/Nivel2.

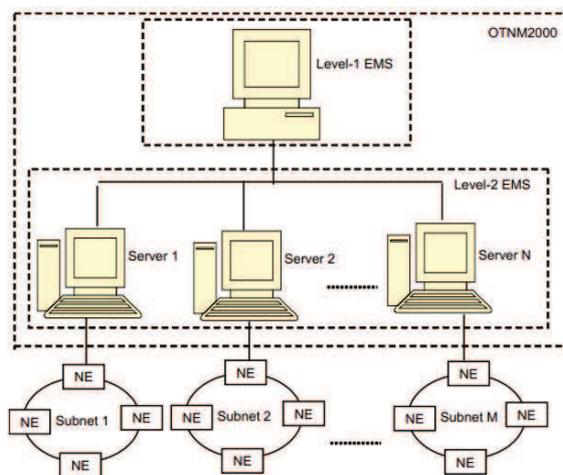


Figura 2.5 Modo Nivel1/Nivel2 OTNM 2000<sup>5</sup>

El EMS de Nivel 1 incluye múltiples clientes. A través de uno de ellos se puede iniciar sesión como un servidor determinado donde se puede ver, configurar y mantener la subred que el servidor gestiona. Por lo tanto, se puede gestionar la red de una gama más amplia.

Las diferencias entre el Nivel 1 y el Nivel 2 son las siguientes:

- El EMS de Nivel 2 sólo puede administrarse a sí mismo y/o entre EMS de Nivel 2, en cambio el EMS de Nivel 1 también puede administrar el EMS de Nivel 2.
- El EMS de Nivel 1 puede controlar el estado de la GUI del Nivel 2 y poner en práctica la gestión de configuración.

#### 2.5.1.2.4 Modo Activo/StandBy

Usualmente, los dispositivos dentro de una subred son gestionados por una EMS. Si el EMS falla, también lo hacen el seguimiento y la gestión a través de los equipos. Para evitar estos casos, se puede aplicar el modo Activo/StandBy. En la Figura 2.6 se ilustra el modo Activo/StandBy.

<sup>5</sup> FIBERHOME, e-Fim OTNM2000 Element Management System Installation Manual.

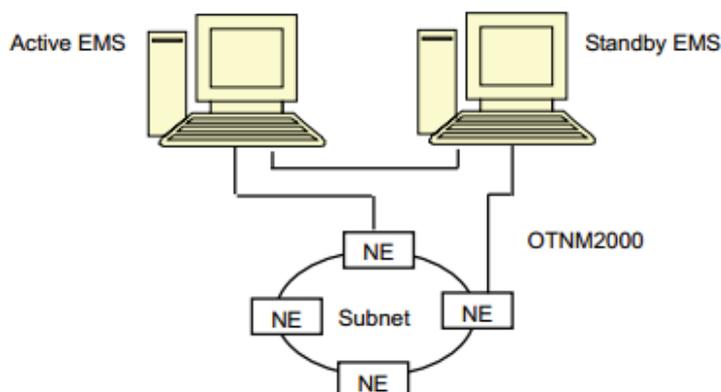


Figura 2.6 Modo Activo/StandBy OTNM 2000<sup>6</sup>

El modo Activo/StandBy también puede ser llamado modo Principal/Secundario o modo Maestro/Esclavo. En este modo, los EMS Activo y de StandBy pueden ser conectados con los mismos o diferentes elementos de red.

En el modo Activo/StandBy, tanto el EMS Activo y de StandBy pueden controlar los dispositivos administrados, pero el EMS de StandBy no debería configurar los equipos. Los datos de configuración son sincrónicos y una vez que el EMS Activo falla el EMS de StandBy conmutará para convertirse en el EMS Activo y hacerse cargo de la gestión.

## 2.5.2 ESTACIONES QUE CONFORMAN LA RED

A continuación se presentan la estructura y capacidad de cada una de las estaciones que conforman la red SDH entre Santo Domingo y Esmeraldas. En la Figura 2.7 se ilustran las estaciones que pertenecen a la red SDH con equipos Fiberhome, al ser la única red de toda la RTFO que trabaja con este proveedor, constituye una desventaja, ya que la red entre Santo Domingo y Esmeraldas viene a estar aislada con respecto a las demás redes, por lo tanto esta es una razón para realizar un rediseño con equipos de alguno de los otros proveedores con los que trabaja la RTFO.

<sup>6</sup> FIBERHOME, e-Fim OTNM2000 Element Management System Installation Manual.

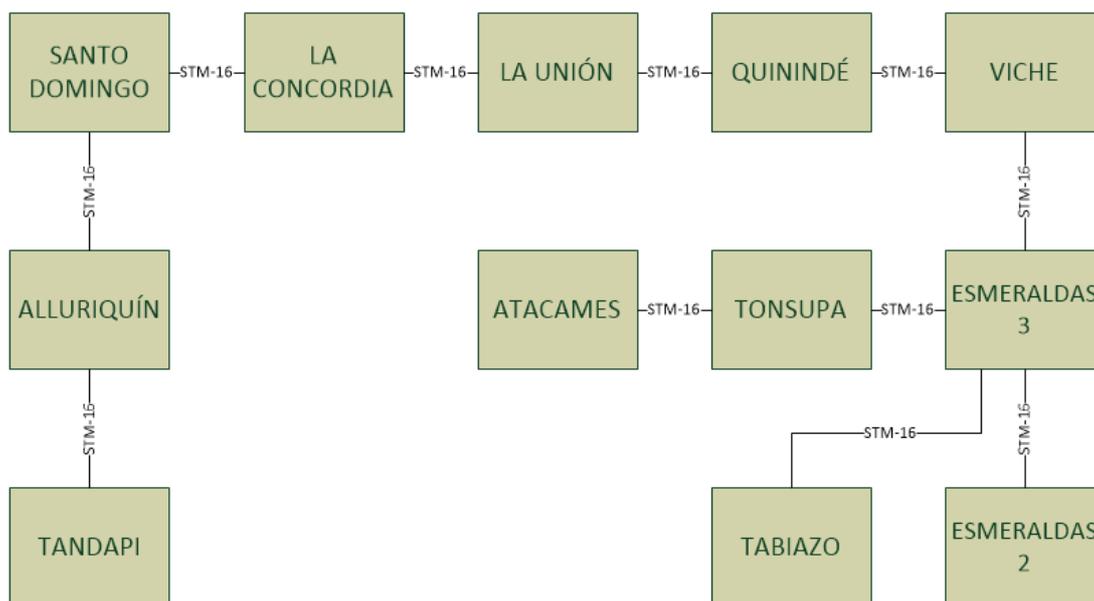


Figura 2.7 Red Fiberhome SDH Santo Domingo – Esmeraldas

La red está conformada por 12 estaciones con enlaces STM-16 (2.5Gbps), donde cada una de las estaciones tiene su propia configuración y son independientes de las otras estaciones, ya que depende de la situación geográfica, población y requerimientos de servicios. Se debe tomar en cuenta que en todas las estaciones, a excepción de Tandapi, Esmeraldas 2, Tabiazo y Atacames, se tiene 2 tarjetas con capacidad de línea de STM-16, la una que apunta hacia la estación anterior (este) y la otra que apunta hacia la estación siguiente (oeste), esto únicamente con las tarjetas a nivel de STM-16.

#### 2.5.2.1 Tandapi

Parroquia que se encuentra ubicada en el Cantón Mejía de la Provincia de Pichincha, tiene una población de 6500 habitantes aproximadamente. En la estación de Tandapi se tiene la siguiente estructura y capacidad, como se indica en la Tabla 2.1.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
STM-16	1	2.5 Gbps	2.5 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>3426 Mbps</b>

Tabla 2.1 Estructura y capacidad Estación Tandapi

### 2.5.2.2 Alluriquín

San José de Alluriquín es una parroquia rural de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, tiene una población de aproximadamente 19.000 habitantes. En la estación de Alluriquín se tiene la siguiente estructura y capacidad, como se indica en la Tabla 2.2.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
STM-16 (este)	2	2.5 Gbps	5 Gbps
STM-16 (oeste)	2	2.5 Gbps	5 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>10926 Mbps</b>

Tabla 2.2 Estructura y capacidad Estación Alluriquín

### 2.5.2.3 Santo Domingo

Santo Domingo de los Tsáchilas se encuentra a 133 Km de Quito, la Capital del Ecuador, tiene una población aproximada de 450000 habitantes. En la estación de Santo Domingo se tiene la siguiente estructura y capacidad, como se indica en la Tabla 2.3.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
GFI-2	2	1 Gbps	2 Gbps
STM-1	8	155 Mbps	1.24 Gbps
STM-16 (este)	2	2.5 Gbps	5 Gbps
STM-16 (oeste)	2	2.5 Gbps	5 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>14166 Mbps</b>

Tabla 2.3 Estructura y capacidad Estación Santo Domingo

### 2.5.2.4 La Concordia

La Concordia es un cantón de la Provincia de Esmeraldas, tiene aproximadamente 43000 habitantes. En la estación de La Concordia se tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.4.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
GFI-2	2	1 Gbps	2 Gbps
STM-1	8	155 Mbps	1.24 Gbps
STM-4	4	622 Mbps	2.5 Gbps
E1	126	2 Mbps	252 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>6792 Mbps</b>

Tabla 2.4 Estructura y capacidad Estación La Concordia

#### 2.5.2.5 La Unión

Parroquia rural del cantón Quinindé de la provincia de Esmeraldas con una población de 20000 habitantes aproximadamente. En la estación de La Unión se tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.5.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
GFI-2	2	1 Gbps	2 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>2926 Mbps</b>

Tabla 2.5 Estructura y capacidad Estación La Unión

#### 2.5.2.6 Quinindé

Quinindé es un cantón perteneciente a la Provincia de Esmeraldas, tiene una población que bordea los 150000 habitantes. En la estación de Quinindé se tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.6.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
GFI-2	2	1 Gbps	2 Gbps
STM-1	8	155 Mbps	1.24 Gbps
E1	126	2 Mbps	252 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>4292 Mbps</b>

Tabla 2.6 Estructura y capacidad Estación Quinindé

#### 2.5.2.7 Viche

Parroquia rural del cantón Quinindé de la provincia de Esmeraldas con una población de 5300 habitantes aproximadamente. En la estación de Viche se tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.7.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
STM-1	8	155 Mbps	1.24 Gbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>2166 Mbps</b>

Tabla 2.7 Estructura y capacidad Estación Viche

### 2.5.2.8 Esmeraldas

Esmeraldas por ser una ciudad de alta densidad demográfica y su extensión territorial no es suficiente una sola estación, tiene una población aproximada de 310000 habitantes, en Esmeraldas se encuentran las siguientes estaciones.

#### 2.5.2.8.1 Esmeraldas 3

La estación de Esmeraldas 3 tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.8.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
GFI-2	2	1 Gbps	2 Gbps
STM-1	8	155 Mbps	1.24 Gbps
STM-16 (este)	2	2.5 Gbps	5 Gbps
STM-16 (oeste)	2	2.5 Gbps	5 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>14166 Mbps</b>

Tabla 2.8 Estructura y capacidad Estación Esmeraldas 3

#### 2.5.2.8.2 Esmeraldas 2

La estación de Esmeraldas 2 tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.9.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
GFI-2	2	1 Gbps	2 Gbps
STM-1	8	155 Mbps	1.24 Gbps
STM-4	4	622 Mbps	2.5 Gbps
STM-16	1	2.5 Gbps	2.5 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>14166 Mbps</b>

Tabla 2.9 Estructura y capacidad Estación Esmeraldas 2

### 2.5.2.9 Tabiazo

Parroquia rural del cantón Esmeraldas, tiene una población aproximada de 2700 habitantes. En la estación de Tabiazo se tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.10.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
STM-16	1	2.5 Gbps	2.5 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>3426 Mbps</b>

Tabla 2.10 Estructura y capacidad Estación Tabiazo

### 2.5.2.10 Tonsupa

Parroquia que pertenece al cantón Atacames ubicada a 26 kilómetros al suroeste de Esmeraldas, tiene una población aproximada de 11000 habitantes. La estación de Tonsupa tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.11.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
STM-16 (este)	2	2.5 Gbps	5 Gbps
STM-16 (oeste)	2	2.5 Gbps	5 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>10926 Mbps</b>

Tabla 2.11 Estructura y capacidad Estación Tonsupa

### 2.5.2.11 Atacames

Atacames es un cantón situado en la provincia de Esmeraldas. Su capital es Atacames, tiene una población aproximada de 17000 habitantes. En Atacames se tiene la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 2.12.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
GFI-1	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
STM-1	8	155 Mbps	1.24 Gbps
STM-16	2	2.5 Gbps	5 Gbps
E1	63	2 Mbps	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>7166 Mbps</b>

Tabla 2.12 Estructura y capacidad Estación Atacames

Como se puede observar en las ciudades consideradas grandes como son Santo Domingo y Esmeraldas se tiene una mayor capacidad debido a su gran población y extensión geográfica por lo tanto necesitan de mayores cantidades de tráfico, por otro lado si observamos las ciudades más pequeñas, podemos observar que no tienen mucha capacidad pero en algunos casos como Viche su capacidad no es suficiente para satisfacer las necesidades de la población.

### **2.5.3 ANÁLISIS DE SERVICIOS ACTUALES**

De acuerdo con los datos obtenidos del sistema de gestión de rutas y servicios, podemos encontrar diferentes tipos de servicios que son gestionados en esta red, que dependen de la capacidad de línea, en este caso un enlace a nivel de un STM-16.

Una característica importante de las redes de telecomunicaciones es la confiabilidad, teniendo en cuenta que CNT EP es una empresa estatal que en los últimos años ha mejorado notoriamente su servicio, es necesario que los servicios prestados estén siempre disponibles. Y con esto se quiere decir que si existe alguna falla en el sistema, se debe solucionar de inmediato para que los servicios no se caigan.

Es muy importante tener protecciones de los servicios, esto quiere decir, que si existe alguna falla, los equipos deben ser capaces de realizar la conmutación por una vía alterna.

En general la red Santo Domingo – Esmeraldas tiene una gran cantidad de servicios activados en la gestión a diferentes niveles de capacidad, los más comunes son VC12 (E1=2Mbps), VC3 (48.38Mbps), VC4 a sus diferentes niveles como se hace referencia en la Tabla 1.7 que van desde un STM-1 (155Mbps) hasta un STM-64 (10Gbps), se debe recalcar que este segmento de red únicamente tiene enlaces de hasta STM-1.

### 2.5.3.1 Matriz de tráfico a nivel de VC12

Un VC12 o un E1 es la capacidad mínima que se presta en la RFTO, en la Tabla 2.13 se muestra una matriz donde se detallan cada uno de estos.

	TAN	ALQ	STD	COR	UNI	QUI	VIC	ES3	ES2	TON	ATA	TBZ
TAN		8	6	5	2	4	2	6	7	4	3	4
ALQ	8		9	6	1	7	1	9	9	6	4	6
STD	6	9		12	3	9	2	15	14	8	6	8
COR	5	6	12		4	8	3	14	12	7	10	6
UNI	2	1	3	4		1	3	3	2	1	2	3
QUI	4	7	9	8	1		3	3	6	5	3	3
VIC	2	1	2	3	3	3		3	2	1	1	1
ES3	6	9	15	14	3	3	3		21	14	15	5
ES2	7	9	14	12	2	6	2	21		12	9	8
TON	4	6	8	7	1	5	1	14	12		8	4
ATA	3	4	6	10	2	3	1	15	9	8		5
TBZ	4	6	8	6	3	3	1	5	8	4	5	

Tabla 2.13 Matriz de tráfico a nivel de VC12

### 2.5.3.2 Matriz de tráfico a nivel de VC3

Un VC3 (DS3) tiene una capacidad de 48.38Mbps, en la Tabla 2.14 se muestra una matriz donde se detallan cada uno de estos.

	TAN	ALQ	STD	COR	UNI	QUI	VIC	ES3	ES2	TON	ATA	TBZ
TAN		2	3	3	2	2	1	3	3	2	2	1
ALQ	2		7	5	2	3	2	4	3	4	3	3
STD	3	7		9	1	7	2	11	10	6	5	2
COR	3	5	9		2	2	1	5	4	3	2	3
UNI	2	2	1	2		2	1	3	2	2	3	3
QUI	2	3	7	2	2		2	3	3	2	1	1
VIC	1	2	2	1	1	2		3	3	2	2	1
ES3	3	4	11	5	3	3	3		12	8	9	3
ES2	3	3	10	4	2	3	3	12		9	7	4
TON	2	4	6	3	2	2	2	8	9		6	3
ATA	2	3	5	2	3	1	2	9	7	6		2
TBZ	1	3	2	3	3	1	1	3	4	3	2	

Tabla 2.14 Matriz de tráfico a nivel de VC3

### 2.5.3.3 Matriz de tráfico a nivel de STM-1 (VC-4)

Un STM-1 o VC-4 tiene una capacidad de 155Mbps, en la Tabla 2.15 se muestra una matriz donde se detallan cada uno de estos.

	TAN	ALQ	STD	COR	UNI	QUI	VIC	ES3	ES2	TON	ATA	TBZ
TAN		0	2	2	1	1	0	2	2	1	1	0
ALQ	0		6	4	0	3	0	6	6	4	5	2
STD	2	6		7	1	4	1	7	7	4	4	1
COR	2	4	7		1	2	1	3	2	2	1	1
UNI	1	0	1	1		0	0	1	1	0	0	0
QUI	1	3	4	2	0		0	3	2	2	1	0
VIC	0	0	1	1	0	0		2	2	1	0	0
ES3	2	6	7	3	1	3	2		7	6	5	2
ES2	2	6	7	2	1	2	2	7		7	5	2
TON	1	4	4	2	0	2	1	6	7		5	1
ATA	1	5	4	1	0	1	0	5	5	5		0
TBZ	0	2	1	1	0	0	0	2	2	1	0	

Tabla 2.15 Matriz de tráfico a nivel de STM-1

#### 2.5.4 ANÁLISIS DE PLANTA EXTERNA

El análisis de planta externa permitirá ver la real capacidad que puede aceptar cada estación, como se mencionó anteriormente, la operación, mantenimiento y administración está a cargo de la RTFO en conjunto con una empresa privada. Los enlaces de la red tienen una capacidad STM-16 (2.5 Gbps) pero no todos los hilos de fibra tienen un uso óptimo, ya que tiene hilos operativos, oscuros (sin usar), dañados (presentan atenuaciones) y rotos.

En este análisis se debe considerar los siguientes aspectos:

- **Fibra Óptica:** Se debe conocer el tipo de fibra utilizada, la norma utilizada en esta fibra. Para este caso CNT EP utiliza en sus redes las fibras G.652 y G.655, si es esta aérea o canalizada y por último el número de hilos de fibras que tiene el cable, donde se tiene un registro de los cables utilizados, no utilizados y de estos últimos cuales están en buen estado o con alguna falla como atenuaciones o están rotos.
- **Longitud física:** Representa la distancia total que existe entre estaciones, esta puede ser mediante el tendido aéreo o canalizada.
- **Longitud óptica:** Representa la distancia total del cable instalado entre estaciones, ya que es necesario dejar remanentes por si existen cortes, por lo tanto estos remanentes son utilizados para solucionar los problemas que se presenten. Tomando en cuenta esto, la longitud óptica siempre debe ser mayor que la longitud física.
- **Atenuación:** Representa la pérdida de potencia de señal que se tiene entre estaciones, es importante conocer este aspecto ya que nos sirve como referencia para detectar fallas, si en algún caso se presenta mayor atenuación de la que se debería tener, se pueden detectar daños en los cables de fibra.

De acuerdo con la información que maneja la RTFO esta es la situación de cada uno de los enlaces en la red Santo Domingo – Esmeraldas.

### 2.5.4.1 Enlace Tandapi – Alluriquín

Es un enlace punto – punto con un cable aéreo ADSS G.655 de 48 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.16.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
40	8	38	1	0	1

Tabla 2.16 Distribución de hilos enlace Tandapi – Alluriquín

La longitud física y óptica se muestra en la Tabla 2.17.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
33,8	33,38	0.42

Tabla 2.17 Longitud física y óptica enlace Tandapi – Alluriquín

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 33.8Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 6.76 dB$$

### 2.5.4.2 Enlace Alluriquín – Santo Domingo

Es un enlace punto – punto con un cable aéreo ADSS G.655 de 48 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.18.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
41	7	41	0	0	0

Tabla 2.18 Distribución de hilos enlace Alluriquín – Santo Domingo

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.19.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
18,67	18,44	0.23

Tabla 2.19 Longitud física y óptica enlace Alluriquín – Santo Domingo

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 18.67Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 3.73 dB$$

#### 2.5.4.3 Enlace Santo Domingo – La Concordia

Es un enlace punto – punto con un cable aéreo ADSS G.655 de 48 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.20.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
26	22	24	2	0	0

Tabla 2.20 Distribución de hilos enlace Santo Domingo – La Concordia

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.21.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
48,6	47,99	0.61

Tabla 2.21 Longitud física y óptica enlace Santo Domingo – La Concordia

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 48.6Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 9.72dB$$

#### 2.5.4.4 Enlace La Concordia – La Unión

Es un enlace punto – punto con un cable aéreo ADSS G.655 de 48 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.22.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
29	19	15	12	0	2

Tabla 2.22 Distribución de hilos enlace La Concordia – La Unión

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.23.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
18,1	17,87	0.23

Tabla 2.23 Longitud física y óptica enlace La Concordia – La Unión

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 18.1Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 3.62dB$$

#### 2.5.4.5 Enlace La Unión – Quindé

Es un enlace punto – punto con un cable aéreo ADSS G.655 de 48 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.24.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
38	10	27	9	0	2

Tabla 2.24 Distribución de hilos enlace La Unión – Quinindé

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.25.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
27,61	27,26	0.35

Tabla 2.25 Longitud física y óptica enlace La Unión – Quinindé

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 27.61Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 5.52dB$$

#### 2.5.4.6 Enlace Quinindé – Viche

Es un enlace punto – punto con un cable aéreo ADSS G.655 de 48 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.26.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
32	16	8	24	0	0

Tabla 2.26 Distribución de hilos enlace Quinindé – Viche

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.27.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
47,5	46,91	0.59

Tabla 2.27 Longitud física y óptica enlace Quinindé – Viche

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 47.5Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 9.5dB$$

#### 2.5.4.7 Enlace Viche – Esmeraldas 3

Es un enlace punto – punto con un cable aéreo ADSS G.655 de 48 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.28.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
40	8	40	0	0	0

Tabla 2.28 Distribución de hilos enlace Viche – Esmeraldas 3

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.29.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
47,68	47,08	0.6

Tabla 2.29 Longitud física y óptica enlace Viche – Esmeraldas 3

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 47.68Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 9.54dB$$

#### 2.5.4.8 Enlace Esmeraldas 3 – Esmeraldas 2

Es un enlace punto – punto con un cable canalizado G.652 de 48 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.30.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
34	14	0	0	34	0

Tabla 2.30 Distribución de hilos enlace Esmeraldas 3 – Esmeraldas 2

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.31.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
7	6,91	0.09

Tabla 2.31 Longitud física y óptica enlace Esmeraldas 3 – Esmeraldas 2

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 7Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 1.4dB$$

#### 2.5.4.9 Enlace Esmeraldas 3 – Tabiazo

Es un enlace de integración con un cable aéreo ADSS G.652 de 24 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.32.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
19	5	1	18	0	0

Tabla 2.32 Distribución de hilos enlace Esmeraldas 3 –Tabiazo

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.33.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
18,56	18,33	0.23

Tabla 2.33 Longitud física y óptica enlace Esmeraldas 3 – Tabiazo

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 18.56Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 3.71dB$$

#### 2.5.4.10 Enlace Esmeraldas 3 – Tonsupa

Es un enlace de integración con un cable aéreo ADSS G.652 de 12 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.34.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
5	7	0	2	0	3

Tabla 2.34 Distribución de hilos enlace Esmeraldas 3 – Tonsupa

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.35.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
22,11	21,84	0.27

Tabla 2.35 Longitud física y óptica enlace Esmeraldas 3 – Tonsupa

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 22.11Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 4.42dB$$

#### 2.5.4.11 Enlace Tonsupa – Atacames

Es un enlace de punto – punto con un cable aéreo ADSS G.652 de 24 hilos, de los cuales se tiene el siguiente uso, como se indica en la Tabla 2.36.

HILOS LIBRES	HILOS OCUPADOS	HILOS BUEN ESTADO	HILOS CORTADOS	HILOS CORTADOS EN INTEGRACIÓN	HILOS ATENUADOS
17	7	17	0	0	0

Tabla 2.36 Distribución de hilos enlace Tonsupa – Atacames

La longitud física y óptica se muestra en la tabla 2.37.

LONGITUD ÓPTICA (KM)	LONGITUD FÍSICA (KM)	DIFERENCIA (KM)
6,82	6,73	0.09

Tabla 2.37 Longitud física y óptica enlace Tonsupa – Atacames

Considerando la longitud óptica podemos calcular la atenuación ( $\alpha$ ) del enlace, considerando que la fibra utilizada tiene un coeficiente de atenuación de 0.2dB/Km.

$$\alpha_{FO} = l * K$$

$$\alpha_{FO} = 6.82Km * 0.2 \frac{dB}{Km}$$

$$\alpha_{FO} = 1.36dB$$

## 2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROBLEMAS EN LA RED

La necesidad de una mejora en la red Santo Domingo – Esmeraldas nació en el mes de julio del año 2012 cuando se presentaron problemas de sincronización para la realización de cross-conexiones en la tarjeta de la estación Esmeraldas 2 lo que

produjo una falla total del sistema de gestión, la función de esta tarjeta es facilitar la creación y mantenimiento de las cross-conexiones desde la gestión ubicada en la RTFO. A raíz de este problema, áreas que trabajan directamente con la RTFO como son el NOC y MPLS reportaron caída de todos los servicios en el nodo Esmeraldas 2, provisionalmente se migraron los servicios más importantes hacia la red Huawei para que no se pierda la disponibilidad de la red.

Como resultado de la falla se determinó que todo el equipo Fiberhome instalado en Esmeraldas 2 estaba totalmente dañado, cuando se requirió la asistencia del personal propio del proveedor no se tuvo una pronta respuesta y el informe entregado no fue satisfactorio por lo cual el daño persistió durante aproximadamente 1 mes.

Considerando esta falla se pensó en la posibilidad de primero cambiar la tecnología porque cuando se presentaba algún problema, los equipos Fiberhome no respondían de una manera óptima, situación que con alguna de las otras tecnologías con las que trabaja la RTFO no se había presentado. Además que la capacitación que el personal tenía no era la suficiente para el manejo de equipos Fiberhome y si en el manejo de los otros equipos.

Con esta reestructuración de equipos se busca tener una red global, ya que este segmento de red es el único que trabaja con esta tecnología y dentro de la RTFO se la considera una red aislada, además se busca optimizar recursos económicos y humanos al trabajar con una sola tecnología confiable.

Con respecto al análisis de planta externa sobre el tendido de cable en el segmento de red, podemos concluir que se tiene la suficiente robustez para aumentar la capacidad de línea que actualmente trabaja a nivel de STM-16 (2.5 Gbps) a STM-64 (10 Gbps). Las poblaciones por las que cruza la red han tenido un gran crecimiento en los últimos años y este aumento en la capacidad de línea está justificado tanto por el este aumento demográfico y tecnológico actual, como por un crecimiento futuro.

## **2.7 PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA RED**

Considerando el análisis de resultados y las características actuales de la red se propone hacer dos cambios fundamentales en la estructura de la red.

En primer lugar se propone reemplazar los equipos actuales de la marca Fiberhome por equipos de la marca Huawei. La razón de este cambio de proveedor se debe a que la RTFO en su mayoría trabaja con estos equipos, además el personal tiene mayor capacitación para el manejo, operación y mantenimiento, como se explicó en el análisis de resultados cuando se presentó el problema en los equipos Fiberhome no hubo la suficiente capacitación del personal, lo que provocó una caída prolongada del sistema y de servicios, por lo que se presentó la necesidad de hacer una reestructuración en la red. Con esto se busca adaptar la red con el resto de las redes administradas por la RTFO. Como se explicó en su momento la red Santo Domingo – Esmeraldas por su tecnología es una red aislada.

Como segundo punto es el aumento de la capacidad de línea en la red. Actualmente la red trabaja a nivel de STM-16 que equivale a una capacidad de 2.5 Gbps, se propone aumentar la capacidad de línea a nivel de STM-64 que equivale a una capacidad de 10 Gbps, la razón de este cambio es tener disponible en la red la mayor capacidad con la que se trabaja en la RTFO, lo que permitirá tener una mayor cantidad de tráfico y una mayor cantidad de servicios para las poblaciones a las que pertenece esta red.

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA PARA LA RED**

#### **3. INTRODUCCIÓN**

A partir de los criterios analizados en el capítulo anterior, en este capítulo se propondrá una solución para mejorar y ampliar la red entre Santo Domingo y Esmeraldas. Una mejora que principalmente consiste en reemplazar los equipos que actualmente se utilizan, ya que los equipos Fiberhome solamente se utilizan en esta red, hacen que la red entre Santo Domingo y Esmeraldas este aislada del resto de las redes que maneja la RTFO.

Además se requiere una ampliación en la capacidad de transmisión, principalmente un aumento de la capacidad de línea que actualmente está a nivel de un STM-16, y se desea ampliar toda la capacidad de la red a nivel de un STM-64, que es la capacidad que actualmente manejan la mayoría de redes de la RTFO.

Con estos cambios lo que se busca es tener una red global en el sector con una gran capacidad de transmisión para las tecnologías actuales y futuras, con lo cual se consideraría el crecimiento de aquí a unos 10 años, con equipos que tienen mejores prestaciones y son mayormente utilizados dentro de la RTFO, con el fin de tener compatibilidad entre los equipos.

Se estudiarán los cambios más representativos que se realizarán en la red, entre los que están el sistema de gestión y los equipos de conmutación de red.

#### **3.1 ANÁLISIS DE TRÁFICO EXISTENTE Y DEMANDA PROYECTADA**

De acuerdo con los datos proporcionados por la RFTO de los servicios actuales podemos determinar la capacidad actual instalada con el fin de determinar si existe una saturación de la red y así justificar un aumento de capacidad de línea, para este análisis se considerará la peor condición, la cual es que todos los servicios estén activos al mismo tiempo.

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN TANDAPI**

*Capacidad instalada = 3426 Mbps*

*Total de E1s instalados = 51 \* 2 Mbps = 102 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 24 \* 48,38 Mbps = 1161,12 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 12 \* 155 Mbps = 1860 Mbps*

*Servicios totales = 102 Mbps + 1161,12 Mbps + 1860 Mbps = 3123,12 Mbps*

*Capacidad disponible = 3426 Mbps – 3123,12 Mbps = 302,88 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN ALLURIQUÍN**

*Capacidad instalada = 10926 Mbps*

*Total de E1s instalados = 66 \* 2 Mbps = 132 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 38 \* 48,38 Mbps = 1838,44 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 36 \* 155 Mbps = 5580 Mbps*

*Servicios totales = 132 Mbps + 1838,44 Mbps + 5580 Mbps = 7553,44 Mbps*

*Capacidad disponible = 10926 Mbps – 7553,44 Mbps = 3372,56 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN SANTO DOMINGO**

*Capacidad instalada = 14166 Mbps*

*Total de E1s instalados = 92 \* 2 Mbps = 184 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 63 \* 48,38 Mbps = 3047,94 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 44 \* 155 Mbps = 6820 Mbps*

*Servicios totales = 184 Mbps + 3047,94 Mbps + 6820 Mbps = 10051,94 Mbps*

*Capacidad disponible = 14166 Mbps – 10051,94 Mbps = 4114,06 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN LA CONCORDIA**

*Capacidad instalada = 6792 Mbps*

*Total de E1s instalados = 87 \* 2 Mbps = 174 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 39 \* 48,38 Mbps = 1886,82 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 26 \* 155 Mbps = 4030 Mbps*

*Servicios totales = 174 Mbps + 1886,82 Mbps + 4030 Mbps = 6106,82 Mbps*

*Capacidad disponible = 6792 Mbps – 6106,82 Mbps = 685,18 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN LA UNIÓN**

*Capacidad instalada = 2926 Mbps*

*Total de E1s instalados = 25 \* 2 Mbps = 50 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 23 \* 48,38 Mbps = 1112,74 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 5 \* 155 Mbps = 775 Mbps*

*Servicios totales = 50 Mbps + 1112,74 Mbps + 775 Mbps = 1937,74 Mbps*

*Capacidad disponible = 2926 Mbps – 1937,74 Mbps = 988,26 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN QUININDÉ**

*Capacidad instalada = 4292 Mbps*

*Total de E1s instalados = 52 \* 2 Mbps = 104 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 28 \* 48,38 Mbps = 1354,64 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 18 \* 155 Mbps = 2790 Mbps*

*Servicios totales = 104 Mbps + 1354,64 Mbps + 2790 Mbps = 4248.64 Mbps*

*Capacidad disponible = 4292 Mbps – 4248,64 Mbps = 43,08 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN VICHE**

*Capacidad instalada = 2166 Mbps*

*Total de E1s instalados = 22 \* 2 Mbps = 44 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 20 \* 48,38 Mbps = 967,6 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 7 \* 155 Mbps = 1085 Mbps*

*Servicios totales = 44 Mbps + 967,6 Mbps + 1085 Mbps = 2096,6 Mbps*

*Capacidad disponible = 2166 Mbps – 2096,6 Mbps = 69,4 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN ESMERALDAS 3**

*Capacidad instalada = 14166 Mbps*

*Total de E1s instalados = 115 \* 2 Mbps = 230 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 67 \* 48,38 Mbps = 3241,46 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 43 \* 155 Mbps = 6665 Mbps*

*Servicios totales = 230 Mbps + 3241,46 Mbps + 6665 Mbps = 10136,46 Mbps*

*Capacidad disponible = 14166 Mbps – 10136,46 Mbps = 4029,54 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN ESMERALDAS 2**

*Capacidad instalada = 14166 Mbps*

*Total de E1s instalados = 108 \* 2 Mbps = 216 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 67 \* 48,38 Mbps = 3241,46 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 42 \* 155 Mbps = 6510 Mbps*

*Servicios totales = 216 Mbps + 3241,46 Mbps + 6510 Mbps = 9967,46 Mbps*

*Capacidad disponible = 14166 Mbps – 9967,46 Mbps = 4198,54 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN TONSUPA**

*Capacidad instalada = 10926 Mbps*

*Total de E1s instalados = 74 \* 2 Mbps = 148 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 52 \* 48,38 Mbps = 2515,76 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 33 \* 155 Mbps = 5115 Mbps*

*Servicios totales = 148 Mbps + 2515,76 Mbps + 5115 Mbps = 7778,76 Mbps*

*Capacidad disponible = 10926 Mbps – 7778,76 Mbps = 3147,24 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN ATACAMES**

*Capacidad instalada = 7166 Mbps*

*Total de E1s instalados = 70 \* 2 Mbps = 140 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 44 \* 48,38 Mbps = 2128,72 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 27 \* 155 Mbps = 4185 Mbps*

*Servicios totales = 140 Mbps + 2128,72 Mbps + 4185 Mbps = 6453,72 Mbps*

*Capacidad disponible = 7166 Mbps – 6453,72 Mbps = 712,28 Mbps*

- **TRÁFICO ACTUAL ESTACIÓN TABIAZO**

*Capacidad instalada = 3426 Mbps*

*Total de E1s instalados = 56 \* 2 Mbps = 112 Mbps*

*Total de VC3s instalados = 26 \* 48,38 Mbps = 1257,88 Mbps*

*Total de VC4s instalados = 9 \* 155 Mbps = 1395 Mbps*

*Servicios totales = 112 Mbps + 1257,88 Mbps + 1395 Mbps = 2764,88 Mbps*

*Capacidad disponible = 3426 Mbps – 2764,88 Mbps = 661,12 Mbps*

En los datos presentados anteriormente podemos notar que algunas estaciones están a punto de saturarse, por lo que es necesario que se aumente la capacidad para seguir aumentando los servicios y en otros casos se tiene una capacidad disponible aceptable.

La CNT EP tiene una demanda de crecimiento en los últimos años de aproximadamente el 20% anual según los datos de la Superintendencia de Telecomunicaciones, con este dato de crecimiento se desea rediseñar la red para que pueda ser disponible al menos en los próximos 10 años.

### 3.1.1 PROYECCIÓN DE CAPACIDADES

Para calcular la proyección de la capacidad que necesitaría cada estación a tiempo de 10 años utilizaremos la siguiente formula:

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

Dónde:

- Cf = Capacidad estimada en  $n$  años
- Ci = Capacidad actual
- X = Índice de crecimiento anual del servicio de telecomunicaciones
- n = Tiempo de proyección en años

- **TRÁFICO PROYECTADO ESTACIÓN SANTO DOMINGO**

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

$$C_f = 14166 \text{ Mbps } (1 + 0,20)^{10}$$

$$C_f = 87712,14 \text{ Mbps}$$

- **TRÁFICO PROYECTADO ESTACIÓN LA CONCORDIA**

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

$$C_f = 6792 \text{ Mbps } (1 + 0,20)^{10}$$

$$C_f = 42054,27 \text{ Mbps}$$

- **TRÁFICO PROYECTADO ESTACIÓN LA UNIÓN**

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

$$C_f = 2926 \text{ Mbps } (1 + 0,20)^{10}$$

$$C_f = 18117,02 \text{ Mbps}$$

- **TRÁFICO PROYECTADO ESTACIÓN QUININDÉ**

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

$$C_f = 4292 \text{ Mbps } (1 + 0,20)^{10}$$

$$C_f = 26574,93 \text{ Mbps}$$

- **TRÁFICO PROYECTADO ESTACIÓN VICHE**

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

$$C_f = 2166 \text{ Mbps } (1 + 0,20)^{10}$$

$$C_f = 13411 \text{ Mbps}$$

- **TRÁFICO PROYECTADO ESTACIÓN ESMERALDAS 3**

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

$$C_f = 14166 \text{ Mbps } (1 + 0,20)^{10}$$

$$C_f = 87712,14 \text{ Mbps}$$

- **TRÁFICO PROYECTADO ESTACIÓN ESMERALDAS 2**

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

$$C_f = 14166 \text{ Mbps } (1 + 0,20)^{10}$$

$$C_f = 87712,14 \text{ Mbps}$$

- **TRÁFICO PROYECTADO ESTACIÓN TONSUPA**

$$C_f = C_i(1 + X)^n$$

$$C_f = 10926 \text{ Mbps } (1 + 0,20)^{10}$$

$$C_f = 67650,91 \text{ Mbps}$$

### 3.2 REDISEÑO DE LA RED NGS DH SANTO DOMINGO – ESMERALDAS

A continuación se indicará la situación en la que se encontraba la Red Huawei antes de acoplar la red Santo Domingo – Esmeraldas que se encuentra con equipos Fiberhome. Como se indica en la Figura 3.1 tenemos un anillo que en la parte superior conecta las ciudades de Santo Domingo y Esmeraldas pasando por Iñaquito – Ibarra – Lita – Borbón hasta la central Esmeraldas 2, además todas las estaciones están conectadas a nivel de STM-64. Como podemos observar las centrales de Santo Domingo y Esmeraldas 2 son comunes para las dos redes tanto Huawei y Fiberhome lo que nos servirá para acoplar aquí los nuevos ADMs Huawei que serán instalados en las estaciones que trabajan con Fiberhome. En la parte inferior encontramos 2 intraoffices de las centrales Santo Domingo y Esmeraldas 2. Una intraoffice es una simulación de una estación que no pertenece al proveedor del sistema de gestión. Se utilizan como referencia para tener una idea global de la red, pero no se puede tener control de estas estaciones, cada estación puede ser controlada y monitoreada únicamente desde su propio sistema de gestión. Como se conoce, la Red Fiberhome está conectada a nivel de STM-16 como se muestra en la Figura 3.2 donde se encuentran todas las estaciones que conforman la red.

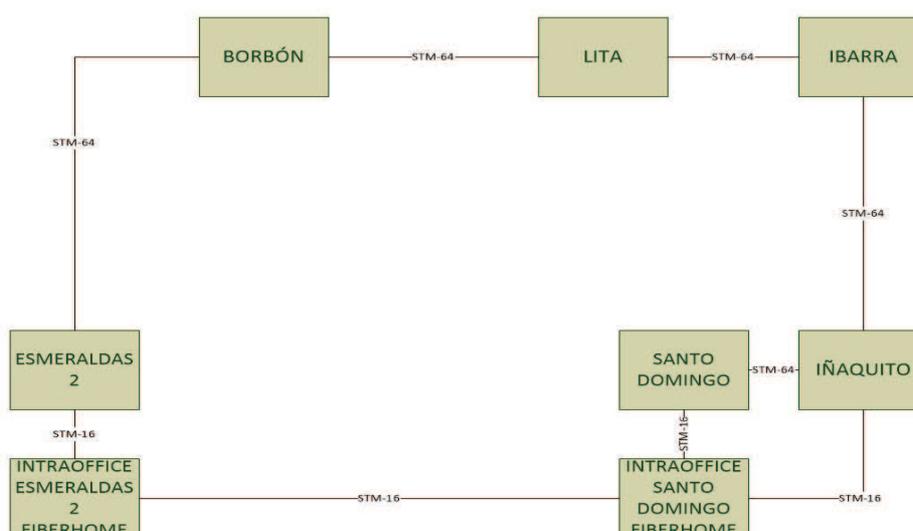


Figura 3.1 Red Huawei sin implementación

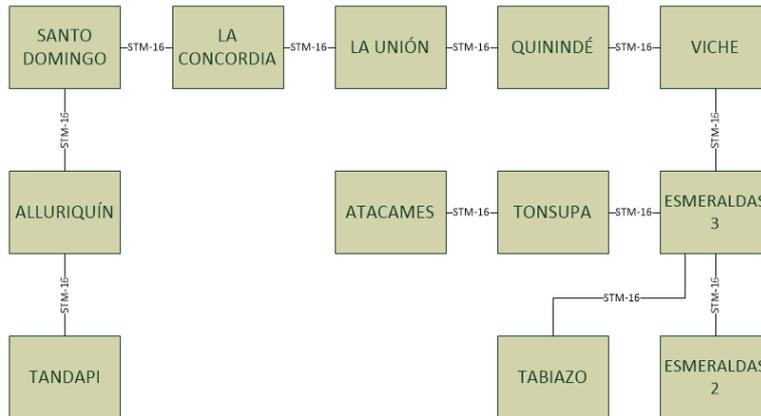


Figura 3.2 Red SDH Santo Domingo – Esmeraldas Fiberhome

La migración de todos los servicios y una ampliación total de la red será progresiva. Como parte inicial del proyecto se instalaron ADMs con tecnología Huawei en todas las estaciones que se encuentran entre Santo Domingo y Esmeraldas2 como se indica en la Figura 3.3 y ampliando la capacidad de transmisión de nivel STM-16 a STM-64, cabe recalcar que las estaciones con tecnología Fiberhome continúan operativas, las cuales servirán para llevar servicios menores entre estas estaciones y nos ayudarán también para proteger algunos de los servicios por si se presenta algún problema en la red principal, en calidad de respaldo.

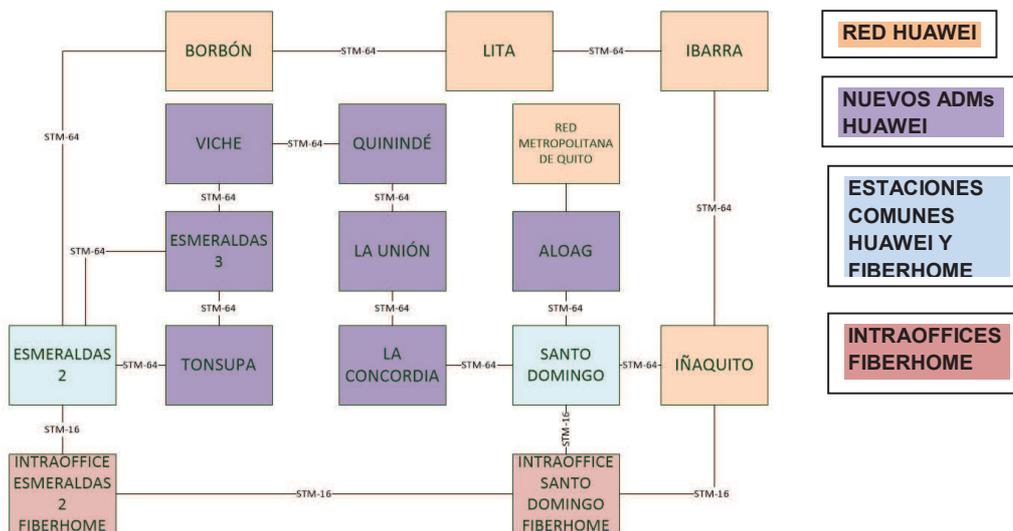


Figura 3.3 Red Huawei con implementación

Además si se compara la nueva red Huawei con la Red Fiberhome se observa que no se mencionan las estaciones Tandapi y Alluriquín por el sector de Santo Domingo,

las cuales siguen operativas con tecnología Fiberhome, aunque ya se están realizando los estudios para tener todas las estaciones con tecnología Huawei y aparece la estación Aloag con tecnología Huawei que se une directamente a la Red de Anillos Metropolitanos de Quito.

Por el sector de Esmeraldas no se señalan las estaciones de Atacames y Tabiazo, estas centrales continúan trabajando con la tecnología Fiberhome, pero ya se están realizando los estudios necesarios para equiparlas con tecnología Huawei.

### 3.2.1 CAPACIDADES DE LAS ESTACIONES REDISEÑADAS DE LA RED

A continuación se presentan la estructura y capacidad de cada una de las estaciones que conforman la red NGSDH entre Santo Domingo y Esmeraldas. En la Figura 3.3 se ilustran las nuevas estaciones que integraron a la red NGSDH con tecnología Huawei. La red está conformada por 9 estaciones con enlaces STM-64 (10Gbps), donde cada una de las estaciones tiene su propia configuración y son independientes de las otras estaciones ya que depende de la situación geográfica, población y requerimientos de servicios.

#### 3.2.1.1 Aloag

Parroquia que se encuentra ubicada en el Cantón Mejía de la Provincia de Pichincha, tiene una población de 12000 habitantes aproximadamente. Esta estación se conecta a nivel STM-64 con la estación de Santo Domingo y con la Red de Anillos Metropolitanos de Quito. En la estación de Aloag se instaló la siguiente estructura y capacidad, como se indica en la Tabla 3.1.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
N2EGT2	2	G-ETH (1 Gbps)	2 Gbps
N1SLQ1	4	STM-1 (155 Mbps)	620 Mbps
N2SL64	2	STM-64 (10 Gbps)	20 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>23546 Mbps</b>

Tabla 3.1 Estructura y capacidad Estación Aloag

### 3.2.1.2 Santo Domingo

La estación de Santo Domingo al ser un punto de referencia geográfico se considera muy importante por lo tanto este ADM junto con el de Esmeraldas 2 son más complejos que el de las otras estaciones ya que acepta otro tipo de servicios y una mayor cantidad de tráfico. Por lo tanto en esta estación se añadieron tarjetas, la estructura y capacidad como se indica en la Tabla 3.2

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	24	F-ETH (100 Mbps)	2.4 Gbps
N2EGT2	8	G-ETH (1 Gbps)	8 Gbps
N1SLQ1	4	STM-1 (155 Mbps)	620 Mbps
N1SLT1	12	STM-1 (155 Mbps)	1.86 Gbps
N1SLQ4	8	STM-4 (622 Mbps)	5 Gbps
N1SLQ16	8	STM-16 (2.5 Gbps)	20 Gbps
N1SLQ64	4	STM-64 (10 Gbps)	40 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>78006 Mbps</b>

Tabla 3.2 Estructura y capacidad Estación Santo Domingo

### 3.2.1.3 La Concordia

La Concordia se conecta a nivel STM-64 con las estaciones de Santo Domingo y La Unión. Se instaló la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 3.3.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
N2EGT2	4	G-ETH (1 Gbps)	4 Gbps
N1SLT1	12	STM-1 (155 Mbps)	1.86 Gbps
N1SLQ4	4	STM-4 (622 Mbps)	2.5 Gbps
N1SLQ16	4	STM-16 (2.5 Gbps)	10 Gbps
N1SLQ64	2	STM-64 (10 Gbps)	20 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>39160 Mbps</b>

Tabla 3.3 Estructura y capacidad Estación La Concordia

### 3.2.1.4 La Unión

La Unión se conecta a nivel STM-64 con la estaciones de La Concordia y Quinindé. Se instaló la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 3.4.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
N1SLQ4	4	STM-4 (622 Mbps)	2.5 Gbps
N1SLQ16	1	STM-16 (2.5 Gbps)	2.5 Gbps
N1SLQ64	2	STM-64 (10 Gbps)	20 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>25926 Mbps</b>

Tabla 3.4 Estructura y capacidad Estación La Unión

### 3.2.1.5 Quinindé

Quinindé se conecta a nivel STM-64 con la estaciones de La Union y Viche. Se instaló la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 3.5.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
N2EGT2	2	G-ETH (1 Gbps)	2 Gbps
N1SLT1	12	STM-1 (155 Mbps)	1.86 Gbps
N1SLQ4	4	STM-4 (622 Mbps)	2.5 Gbps
N1SLQ16	2	STM-16 (2.5 Gbps)	5 Gbps
N1SLQ64	2	STM-64 (10 Gbps)	20 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>32286 Mbps</b>

Tabla 3.5 Estructura y capacidad Estación La Unión

### 3.2.1.6 Viche

Viche se conecta a nivel de STM-64 con la estación Quinindé y con la estación Esmeraldas3. En la estación se instaló la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 3.6.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	8	F-ETH (100 Mbps)	800 Mbps
N2EGT2	2	G-ETH (1 Gbps)	2 Gbps
N1SLT1	12	STM-1 (155 Mbps)	1.86 Gbps
N1SLQ64	1	STM-64 (10 Gbps)	10 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>14786 Mbps</b>

Tabla 3.6 Estructura y capacidad Estación Viche

### 3.2.1.7 Esmeraldas

Esmeraldas por ser una ciudad de alta densidad demográfica y por su extensión territorial, no es suficiente una sola estación. En la ciudad de Esmeraldas se encuentran las siguientes estaciones.

#### 3.2.1.7.1 Esmeraldas 3

Esmeraldas 3 se conecta a nivel de STM-64 con las estaciones Viche, Esmeraldas 2 y Tonsupa. En la estación se instaló la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 3.7.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	24	F-ETH (100 Mbps)	2.4 Gbps
N2EGT2	8	G-ETH (1 Gbps)	8 Gbps
N1SLQ1	4	STM-1 (155 Mbps)	620 Mbps
N1SLT1	12	STM-1 (155 Mbps)	1.86 Gbps
N1SLQ4	8	STM-4 (622 Mbps)	5 Gbps
N1SLQ16	8	STM-16 (2.5 Gbps)	20 Gbps
N1SLQ64	4	STM-64 (10 Gbps)	40 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>78006 Mbps</b>

Tabla 3.7 Estructura y capacidad Estación Esmeraldas 3

#### 3.2.1.7.2 Esmeraldas 2

Esmeraldas 2 se conecta a nivel de STM-64 con las estaciones Esmeraldas 3 y Tonsupa. En la estación se instaló la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 3.8.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	24	F-ETH (100 Mbps)	2.4 Gbps
N2EGT2	8	G-ETH (1 Gbps)	8 Gbps
N1SLQ1	4	STM-1 (155 Mbps)	620 Mbps
N1SLT1	12	STM-1 (155 Mbps)	1.86 Gbps
N1SLQ4	8	STM-4 (622 Mbps)	5 Gbps
N1SLQ16	8	STM-16 (2.5 Gbps)	20 Gbps
N1SLQ64	4	STM-64 (10 Gbps)	40 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>78006 Mbps</b>

Tabla 3.8 Estructura y capacidad Estación Esmeraldas 2

### 3.2.1.8 Tonsupa

Tonsupa se conecta a nivel de STM-64 con las estaciones Esmeraldas 3 y Esmeraldas 2. En la estación se instaló la siguiente estructura y capacidad como se indica en la Tabla 3.9.

TARJETA	PUERTOS	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL
N5EFSO	24	F-ETH (100 Mbps)	2.4 Gbps
N2EGT2	8	G-ETH (1 Gbps)	8 Gbps
N1SLQ1	4	STM-1 (155 Mbps)	620 Mbps
N1SLT1	12	STM-1 (155 Mbps)	1.86 Gbps
N1SLQ4	8	STM-4 (622 Mbps)	5 Gbps
N1SLQ16	4	STM-16 (2.5 Gbps)	10 Gbps
N1SLQ64	4	STM-64 (10 Gbps)	40 Gbps
N2PQ1	63	E1 (2 Mbps)	126 Mbps
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>			<b>68006 Mbps</b>

Tabla 3.9 Estructura y capacidad Estación Tonsupa

## 3.2.2 CREACIÓN Y MIGRACIÓN DE SERVICIOS

A partir de la nueva red instalada con los equipos Huawei, lo primero que se realizó es migrar los servicios más importantes de la red anterior Fiberhome, lo cual se hace de una manera progresiva hasta completar la migración en su totalidad. La migración se basa principalmente en el cambio de posiciones físicas de los servicios de proveedor a proveedor que trabajan con la misma tecnología previo a la creación de los servicios a migrar en el nuevo sistema de gestión. Y además si se necesitan nuevos servicios se lo hará directamente en la red Huawei.

### 3.2.2.1 Creación de servicios

Para la creación de servicios estos son creados en el sistema de gestión T2000, para luego realizar las pruebas correspondientes y ya cuando se realicen estas, se procede a la conectorización física y entrega del servicio hacia el cliente.

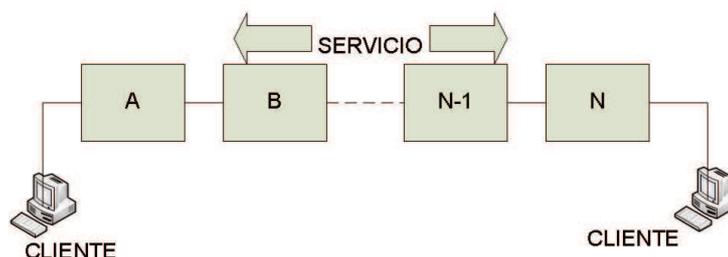


Figura 3.4 Red Punto – Punto

Existen 2 tipos de creación de servicios en el sistema de gestión: Directo y Discreto. Las creaciones discretas son las más utilizadas ya que superan el 90% dentro de los servicios creados en la RTFO. Para ilustrar estas dos formas de creación se considera una conexión Punto – Punto entre dos estaciones que están dentro de una red de cualquier topología, en la que se quiere entregar un servicio como se indica en la Figura 3.4.

#### 3.2.2.1.1 Directo

Se escogen las estaciones extremos de la conexión Punto – Punto y dentro de las estaciones se eligen los puertos físicos y lógicos para poder realizar el camino del servicio a crearse.

#### 3.2.2.1.2 Discreto

Se involucran todas las estaciones intermedias que se encuentran entre las que se quiere brindar el servicio. Donde se sigue el siguiente procedimiento:

- Se escogen los puertos físicos y lógicos en las estaciones. En el caso de las estaciones que se encuentran en los extremos (A y N) se eligen puertos físicos y lógicos y en el caso de las estaciones intermedias se eligen únicamente los puertos lógicos a lo que se denomina asignar un timeslot.
- Ya cuando se tienen elegidos los puertos físicos y lógicos el sistema de gestión automáticamente genera la ruta utilizando los recursos libres en los ADMs, con esto ya se tiene creado el servicio, además existe la posibilidad de crear la ruta manualmente si la ruta no es conforme o existe algún problema.

- Con el servicio creado se debe protegerlo, la protección de servicios se realiza automáticamente por el sistema de gestión si la topología lo permite. Para este caso el gestor analiza si la red se encuentra en tipo anillo o es punto-punto. Cuando es en anillo la protección se genera automáticamente y si es punto – punto se la debe crear manualmente.

Con el tiempo y la nueva red implementada se seguirán creando nuevos servicios. Los equipos instalados tienen la suficiente capacidad para proporcionar servicios en un mínimo de 10 años.

### 3.2.2.2 Migración de servicios

La migración no requiere que el equipamiento SDH sea sustituido. Los equipos que proporcionan las funciones adicionales de NGSDH se ponen por encima de los equipos existentes como se indica en la Figura 3.5. NGSDH permite una integración óptima de las señales de todas las capas lógicas

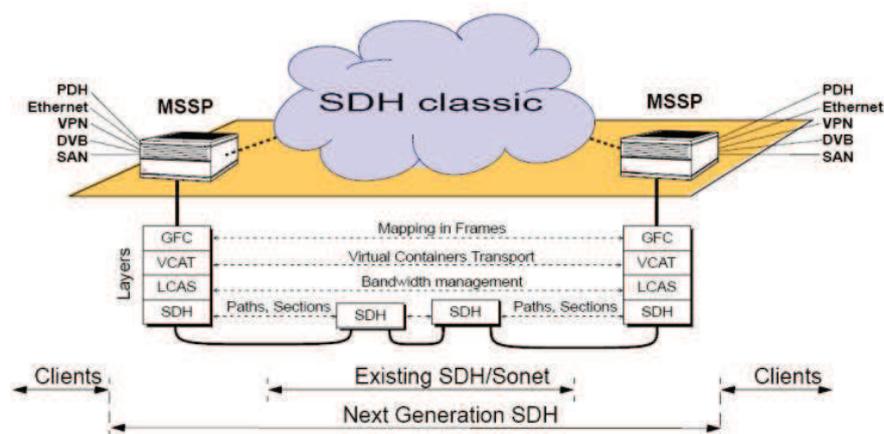


Figura 3.5 Esquema de integración SDH a NGSDH<sup>1</sup>

Para realizar la migración de los servicios se debe crear primero los servicios como se indicó anteriormente y luego se hace el cambio de posiciones físicas de los servicios a migrarse.

<sup>1</sup> HACKBARTH K D, Arquitectura de Redes Proprietarios, Universidad de Cantabria.

La migración de servicios dentro de la nueva Red NGSDH entre Santo Domingo y Esmeraldas se realiza progresivamente, de acuerdo con lo expresado en el capítulo 2 sobre las necesidades de cambio de tecnología y problemas presentados en la red. El nodo que se tomó como prioridad de migración fue Esmeraldas 2 y luego se ha estado migrando los servicios de forma paulatina hasta que todos los servicios sean migrados satisfactoriamente.

### **3.2.3 PLANTA EXTERNA**

La planta externa de la red Santo Domingo – Esmeraldas tiene la suficiente capacidad para soportar la cantidad de tráfico máxima que podría transportarse, por lo tanto no es necesaria una modificación en esta parte de la red.

## **3.3 SISTEMA DE GESTIÓN T2000 OPTIX IMANAGER**

Con el desarrollo de las redes NGSDH, los sistemas de transporte van en aumento, la demanda de sistemas de gestión sofisticados y flexibles, se está convirtiendo en un requisito fundamental para gestionar los múltiples servicios para los elementos de red de nueva generación. Un sistema de administración de red (Network Management System, NMS) potente y flexible es fundamental para satisfacer la gestión y operaciones de red.

La plataforma T2000 OptiX iManager realiza la gestión y administración de la red NGSDH de la CNT EP. El T2000 es un sistema de administración de subred (SubNetwork Management System, SNMS). Dentro de la arquitectura de manejo de redes de administración de telecomunicaciones (Telecommunications Management Network, TMN), el SNMS está localizado entre el nivel de elementos de red y el nivel de red (Figura 3.6). El T2000 soporta el total de funciones de nivel de elementos de red y parte de las funciones del nivel de administración de red.

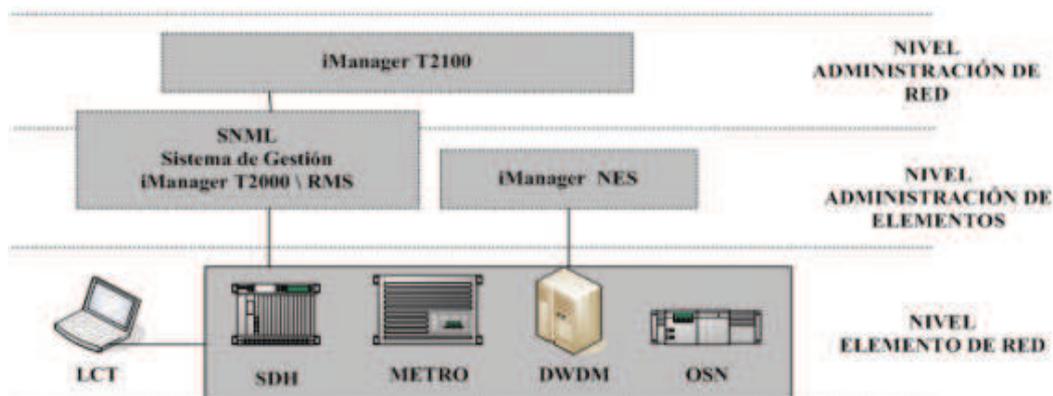


Figura 3.6 Sistema de Gestión iManager<sup>2</sup>

Para gestionar los equipos multiplexores (ADM), se utilizará este software, el cual tiene el control total de los equipos multiplexores que incluye: tarjetas, canal de servicio, alarmas externas, bases de datos, servicios, cross-conexiones, entre otros. Este sistema es de propiedad de Huawei y viene incluido en la compra de los equipos. El sistema brinda algunas prestaciones y facilita la gestión de toda la red.

Con la ayuda del software se puede detectar cualquier tipo de error que se presente en la red, tanto de conectores, tarjetas y de fibra, por medio de la parte de recepción de cada elemento de red.

La gestión de la red está comprendida dentro del sistema de telecomunicaciones, como una parte importante de la misma, para lo que se hace necesario tener redundancia en los servicios activados, por medio de radio o por medio de otra vía de fibra óptica, ya que si se cortara el servicio en working (fibra óptica), entra a funcionar alguna de las protecciones dichas.

La Arquitectura de red del centro de gestión es una red LAN, que consta de CLIENTES, SERVIDORES, SWITCH y ROUTERS, la que es indispensable para la detección de alarmas y diversos errores que se pueden generar en toda la red.

Los equipos multiplexores ADM tienen una interfaz Ethernet con direcciones IPv4 que sirve para conectar a la red LAN del centro de gestión a través del servidor, consta de dos tarjetas de red de las cuales una se conecta al Switch Huawei capa 2,

<sup>2</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX iManager T2000 OM Introduction to T2000

en donde se concentran las gestiones de todas las ciudades y poblaciones integradas a la RTFO, para luego por medio de un switch común de 8 puertos, conectar a los clientes, los cuales tienen instalado el respectivo software de gestión.

A continuación se detalla brevemente cada uno de los componentes que forman parte de la red LAN, de gestión.

El SERVIDOR, controla a los clientes en la gestión del sistema y crea bases de datos como respaldo de la red en caso que suceda algún problema en la gestión.

En los CLIENTES, se encuentra la aplicación T2000 OptiX iManager, que gestiona toda la red NGSDH, donde se puede verificar gráficamente todo tipo de alarma en cualquier elemento de red.

### **3.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE GESTIÓN T2000.**

Existen características principales que son fundamentales para el correcto funcionamiento del software. Donde las más importantes son las siguientes:

#### **3.3.1.1 Administración de configuración**

- Auto descubrimiento de nodos y enlaces.
- Transferencia directa de software a un elemento de red local o remota.
- Administración completa de las cross-conexiones y protecciones por conmutación.
- Creación de servicios TDM, extremo – extremo y Ethernet/VPN

#### **3.3.1.2 Administración de alarmas y averías**

- Notificación de alarmas y eventos en tiempo real.
- Análisis inteligente de las alarmas para determinar sus causas.
- El wizard de las alarmas permite preestablecer las reglas de diagnóstico que se determinarán/guardarán/recuperarán más adelante como herramienta adicional para el mantenimiento.

### 3.3.1.3 Administración de funcionamiento.

- Registro de datos de funcionamiento cada 15 min y 24 hr.
- Capacidad Ethernet RMON.

### 3.3.1.4 Administración de la seguridad de usuario.

- Sofisticada cuenta de usuario, administración de la identificación y contraseña.
- Caducidad de la contraseña.
- Caducidad de tiempo sin conexión.
- Registro de la seguridad del usuario.

Teniendo en cuenta que aparte de las características antes expuestas, se pueden añadir otras características que no caen dentro de las anteriores, como:

- Maneja todo tipo de servicios y equipos.
- Soporta servicios configurados por medio de "Trails".
- Posee una estructura Cliente/Servidor.
- Puede ser instalado en ambiente Windows o Unix

## 3.3.2 IDENTIFICACIÓN DE NOMBRES

Para el mejor uso y manejo del T2000 OptiX iManager, es necesario realizar una nomenclatura con etiquetas que permita identificar al usuario que opera los clientes y administradores de la red, para conocer a qué corresponden cada una de las abreviaturas asignadas, para lo que se utilizarán dichas etiquetas para los siguientes elementos:

- Elemento de red (NE).
- Usuarios y Grupos.

### 3.3.2.1 Elementos de red (NE)

El software administrador de la red, valida los nombres de los elementos de red por unicidad, el ID-name es el identificador del elemento de red. Es utilizado internamente en los servidores para identificar el elemento de red y asociarlo a su dirección IP.

El nombre del elemento de red incluye el nombre de la estación (tres letras mayúsculas), un guión y un número serial de dos dígitos en notación decimal que define el número de elemento de red dentro de la estación.

CCC-xx

Dónde:

CCC: Letras mayúsculas con el nombre de la estación, máximo tres caracteres.

xx: Número secuencial que indica el número del elemento de red.

Ejemplo:

STD-03 es el elemento de red ADM número 3 de la estación SANTO DOMINGO.

Para las estaciones tomadas en cuenta de la red en la RTFO de la CNT EP, se utilizarán las siguientes abreviaturas, como se indica en la tabla 3.10.

ESTACIONES	ABREVIATURA
Aloag	ALG
Santo Domingo	STD
La Concordia	CON
La Unión	UNI
Quinindé	QND
Viche	VIC
Esmeraldas 2	ES2
Esmeraldas 3	ES3
Tonsupa	TON

Tabla 3.10 Abreviaturas de las estaciones

### 3.3.2.2 Usuarios y grupos

El NMS suministra cinco clases de usuarios predefinidos. Estos son:

- Supervisión
- Configuración
- Operación
- Mantenimiento
- Administrador

Cuando se instala el T2000 OptiX iManager, se crea el grupo de Superusuario y se mapea a la clase de Administrador. El administrador del sistema puede crear grupos adicionales y cuentas de operaciones. En la tabla 3.11 se indican las funciones de cada clase de usuario.

USUARIO	FUNCIONES
Supervisión	- Acceso de lectura. - No es posible reconocer alarmas
Configuración	- Mantener un sistema configurado. - Acceso al LCT. - Reconocer alarmas. - Crear archivos de desempeño. - Supervisar partes específicas del DCN conectadas al SNMS.
Operación	- Operar un sistema configurado. - Crear, modificar o cancelar Servicios.
Mantenimiento	- Borrar y modificar la información de la red mostrada en el SNMS Cliente.
Administración	- Todos los derechos de acceso de los otros usuarios

Tabla 3.11 Clases y funciones de usuarios<sup>3</sup>

### 3.3.3 ARQUITECTURA FUNCIONAL

La arquitectura funcional de una TMN está basada en un número de bloques de función. Estos bloques realizan funciones específicas requeridas por la TMN para cumplir su función general de gestión de red. Son ejecutadas por los elementos de la arquitectura física TMN.

Se definen cinco bloques de función:

- Bloque de función de sistemas de operaciones (Operations Systems Function: OSF).
- Bloque de función de elemento de red (Network Element Function: NEF)
- Bloque de función de estación de trabajo (Workstation Function: WSF).
- Bloque de función de mediación (Mediation Function: MF).
- Bloque de función de adaptador Q (Q Adaptor Function: QAF)

<sup>3</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX iManager T2000 OM Introduction to T2000

Los requerimientos de comunicación de datos de estos bloques de función son satisfechos por la función de comunicación de datos (Data Communication Function: DCF).

El bloque OSF procesa la información relacionada con la gestión de telecomunicaciones con el propósito de monitorear, coordinar y controlar funciones de telecomunicaciones incluyendo funciones de gestión.

El bloque NEF se comunica con la TMN con el propósito de ser monitoreado y/o controlado, también incluye funciones relacionadas con la gestión, pero no son parte de la TMN.

El bloque WSF provee los medios para interpretar la información de la TMN por parte del usuario y viceversa. Partes de WSF pueden también estar ubicadas fuera del campo de TMN.

El bloque MF actúa sobre la información transferida entre un OSF y un NEF (no-TMN-compatible) con un OSF o un bloque de función similar a OSF (no-TMN-compatible) con un NEF. Esto significa que la información entre un bloque de función TMN-compatible y un bloque de función no-TMN-compatible será traducida por el QAF. Una parte de las funciones del QAF están definitivamente fuera de la TMN.

Cada uno de los bloques mencionados tiene componentes funcionales básicos, los cuales han sido identificados como bloques elementales de construcción de la TMN.

La DCF se aplica al transferir información entre los bloques de función TMN.

Cada par de bloques funcionales de TMN que intercambian información de gestión, están separados por puntos de referencia, esto es, los puntos de referencia son fronteras entre dos bloques de función de gestión.

Se definen tres clases de puntos de referencia en términos de TMN:

- Punto de referencia q.

- Punto de referencia f.
- Punto de referencia x.

Adicionalmente, se consideran dos clases de puntos de referencia no-TMN:

- Punto de referencia g.
- Punto de referencia m.

Las definiciones de estos puntos de referencia serán explicadas en el siguiente punto, en conexión con la arquitectura física de TMN.

### **3.3.4 ARQUITECTURA FÍSICA**

La arquitectura física de la TMN describe los bloques de construcción física (elementos físicos) de un sistema de gestión de la red TMN y contienen reglas exactas para sus relaciones.

Se definen los elementos físicos de TMN como sigue:

- Sistema de operaciones (Operation System: OS)
- Estación de trabajo (Workstation: WS).
- Elemento de red (Network Element: NE).
- Red de comunicación de datos (Data Communication Network: DCN).
- Dispositivo de mediación (Mediation Device: MD).
- Adaptador Q (Q Adaptor: QA).

Adicionalmente se definen reglas para el intercambio de datos entre elementos físicos e interfaces estandarizadas.

Las interfaces estándares definen:

- Suite de protocolo.
- Los mensajes transportados por el protocolo.

El OS ejecuta las funciones del sistema de operaciones (OSFs). Es el responsable de la gestión de la red controlando la operación de sus elementos.

El OS está básicamente constituido por uno ó más centros de procesamiento, ejecutan la tarea de reunir información desde los elementos de red y procesarla de acuerdo a las funciones del Sistema de Gestión de Red.

La WS ejecuta las funciones de Workstation (WSFs). Son las interfaces físicas necesarias por medio de las cuales los operadores pueden comunicarse con la TMN.

Los NE ejecutan las funciones de elementos de red (NEFs). Los NEs son dispositivos de telecomunicaciones gestionables (switch, multiplexores, cross-connections) ubicados en los nodos de la red a ser gestionada. Proveen las funciones adecuadas en la operación de red y pueden ser identificados con una dirección simple por el sistema de operaciones TMN.

Los elementos de red son dispositivos inteligentes controlados por sus propias microcomputadoras y equipados con interfaces estándares. A través de la interfaz, el elemento de red puede transferir mensajes hacia la estación de operaciones e informar acerca del estado actual de los elementos y recibir comandos de control desde ella.

La DCN es una red que ejecuta la función de comunicación de datos (DCF). Transmite mensajes requeridos para ejecutar funciones de gestión entre el OS y los NEs. La información es intercambiada a través de la DCN, usando protocolos según lo establecido por las interfaces.

Los dispositivos de mediación (MD) ejecutan las funciones de mediación (MFs). Adaptan la información transferida entre el OS, la DCN y aquellos elementos TMN-compatibles ubicados en la red, la cual aún requiere operaciones apropiadas como almacenamiento, adaptación, filtrado a ser ejecutados en los datos intercambiados.

Las definiciones de una interfaz estándar incluyen descripciones de las interfaces de hardware, descripciones de los protocolos de comunicaciones como reglas de

intercambio de datos, así como el tipo de información; esta es la estrategia de trabajo interno a nivel sistema entre elementos que toman parte en la comunicación.

Cada una de las definiciones de interfaces involucra la definición de protocolos y de familias de protocolos. Los puntos de referencia son conceptos abstractos que representan fronteras teóricas entre los elementos físicos de una TMN. Hay un número de puntos de referencia estándares bien definidos en la red TMN. Se indican mediante letras minúsculas, mientras las mayúsculas simbolizan las interfaces correspondientes. Los puntos de referencia e interfaces definidos en TMN son:

El punto de referencia “q” puede estar ubicado entre dos de los siguientes bloques de función: OSF, QAF, MF y NEF. Por lo tanto puede ser encontrado entre el OS y un NE o entre un OS y un QA o entre el OS y un MD o entre cualquiera de los elementos y la DCN o entre dos OS pertenecientes a la misma TMN, la interface “Q” permite el intercambio de datos a través del punto de referencia “q”.

Actualmente, se distinguen dos tipos de interfaces “Q”; estas son la Q3 y Qx. Las suites de protocolo “Q” apropiadas son los protocolos Q3 y Qx. Los protocolos “Q3” son implementaciones completas del modelo de referencia OSI, mientras que los protocolos “Qx” solamente cumplen con las tres capas más bajas del modelo OSI. Q3 se aplica para conectar los elementos funcionales que son completamente TMN-compatibles, mientras que Qx puede ser utilizado en casos especiales, cuando la interfaz “Q3” no puede ser implantada (debido a la presencia de cualquier equipamiento que no cumple con TMN).

El punto de referencia “f” está ubicado entre bloques de función OSF o MF y una WSF. Esto significa que el punto de referencia “f” puede ser encontrado entre la DCN o un MD y una WS conectada a ella. La correspondiente interfaz “F” permite el intercambio de datos a través del punto de referencia “f” (esto es, la interfaz “F” es aplicada en casos donde la WS no está conectada directamente al OS, sino que a través de la DCN). La suite de protocolo apropiado es el protocolo “F”.

El punto de referencia “x” está ubicado entre el OSF de dos TMNs o entre el OSF de una TMN y la función similar a OSF de otra red no-TMN. Esto significa que un punto de referencia “x” puede ser encontrado entre las DCNs de dos TMNs o entre una TMN y otro sistema gestionado que no cumple con los estándares de TMN. Una interfaz “X” correspondiente permite el intercambio de datos entre los dos sistemas de gestión de red. La suite de protocolo apropiada es el protocolo “X”.

Adicionalmente, se definen dos puntos de referencia adicionales, ubicados fuera del área de los elementos estándares de TMN:

- El punto de referencia “g” está ubicado entre el usuario y la WSF.
- El punto de referencia “m” está ubicado entre el QAF y un elemento que no cumple las recomendaciones TMN.

Un ejemplo de una arquitectura física para una TMN se muestra en la figura 3.7.

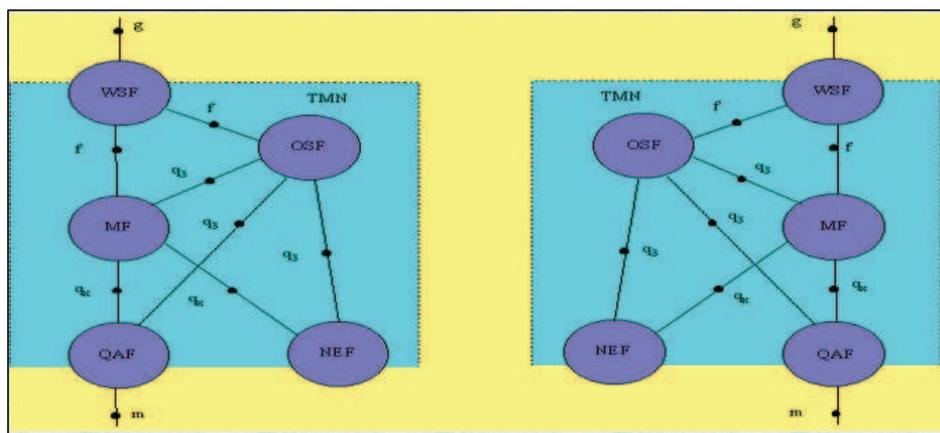


Figura 3.7 Arquitectura física de una TMN<sup>4</sup>

### 3.3.5 ARQUITECTURA DE INFORMACIÓN

Esencialmente, la gestión de red involucra el intercambio de información entre procesos de gestión. El modelo de información de gestión de red TMN se soporta en gran medida sobre el modelo de gestión de red OSI/CMIP. La arquitectura de

<sup>4</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX iManager T2000 OM Introduction to T2000

información de TMN está basada en la orientación a objeto, aplica intercambio de información orientado a transacción y utiliza el principio llamado agente/gestor.

Los conceptos básicos usados en la definición de la arquitectura de la información de TMN son similares a aquellos aplicados en SNMP y OSI/CMIP, ellos son:

- Objeto gestionado (MO).
- Agente (Agent).
- Gestor (Manager).
- Base de información de la gestión (Management Information Base: MIB).

Los MOs son abstracciones de los recursos físicos o lógicos a ser gestionados en orden a monitorear la operación de la red y a prevenir desórdenes en la operación de la red.

Un objeto generalmente no se corresponde a un simple elemento de red así como se definió como parte de la arquitectura física. En la mayoría de los casos, un objeto gestionado representa uno de los componentes importantes de un elemento de red físico o un recurso lógico. Cada elemento gestionado debe tener un nombre simple y único, su condición actual es una función del tiempo.

Un objeto gestionado está definido por:

- Sus atributos visibles en su frontera.
- Las operaciones de gestión que pueden ser aplicados a él.
- El comportamiento exhibido por él en respuesta a la operación de gestión.
- Las posibles notificaciones o mensajes que él puede emitir durante su operación.

Un agente es un elemento de sistema hacia el cual se dirigen los comandos de gestión con el propósito de controlar, coordinar y monitorear. Los agentes ejecutan las operaciones sobre los objetos gestionados de acuerdo a los requerimientos del gestor y retransmiten mensajes emitidos por los objetos gestionados hacia el gestor.

En la práctica, la función del agente es ejecutada por un elemento de red inteligente del Sistema de Gestión de Red.

Un gestor es un elemento de sistema cuya tarea es enviar requerimientos de gestión hacia los agentes con el propósito de controlar, coordinar y monitorear, ejecutando las operaciones sobre los agentes y la recepción de mensajes emitidos por los objetos gestionados y retransmitidos por los agentes del gestor. En la práctica, el gestor es ejecutado por una WS la cual es una parte del Sistema de Gestión de Red.

La MIB es una base de datos que contiene datos pertenecientes a los objetos gestionados del sistema, cada uno de los agentes tiene su propia MIB.

La interacción entre un agente, un gestor y los objetos gestionados se muestra en la Figura 3.8.

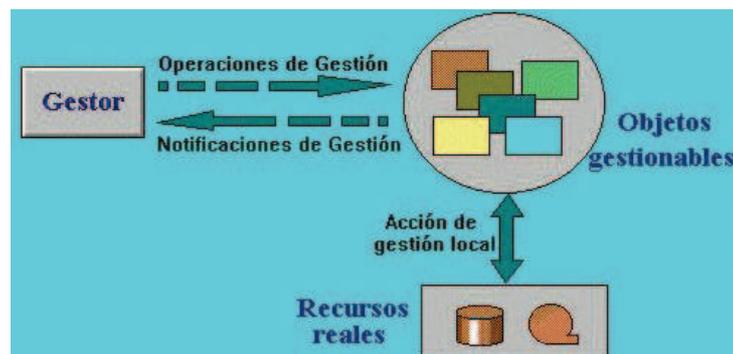


Figura 3.8 Interacción entre Agente, Gestor y Objetos gestionados<sup>5</sup>

El gestor y el agente se comunican utilizando protocolos "Q", estándares construidos de acuerdo al modelo de referencia OSI.

Los componentes de un protocolo Q son:

- Interfaz de aplicación (estructura comando/respuesta).
- Protocolo de aplicación (capa 7 modelo OSI).
- Protocolos de soporte (capas 4-6 modelo OSI).
- Protocolos de red (capas 1-3 modelo OSI).

<sup>5</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX iManager T2000 OM Introduction to T2000

Los elementos esenciales de la interfaz de aplicación TMN son:

- Elemento de Servicio de Información de Gestión Común (Common Management Information Service Element: CMISE).
- Elemento de Servicio de Operación Remota (Remote Operation Service Element: ROSE).
- Elemento de Servicio de Aplicación de Gestión de Sistemas (Systems Management Application Service Element: SMASE )
- Elemento de Servicio de Control de Asociación (Association Control Service Element: ACSE).
- Archivo de Transferencia, acceso y gestión (File Transfer, Access and Management: FTAM).

La disposición de las capas de protocolo Q en el modelo de referencia OSI se muestra en la figura 3.9.

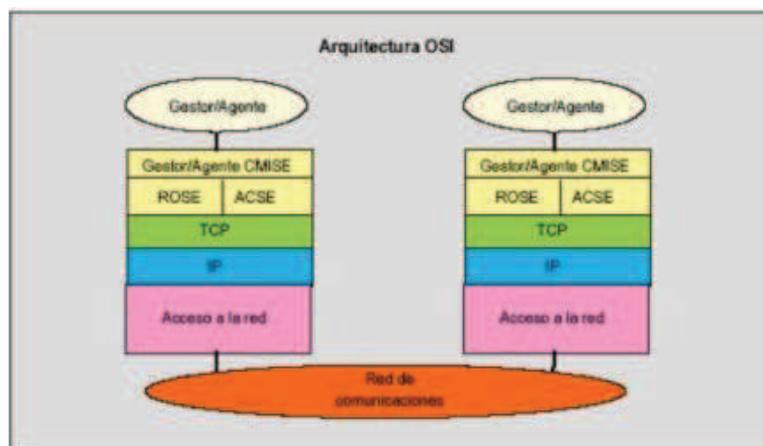


Figura 3.9 Capas del protocolo Q sobre el Modelo OSI<sup>6</sup>

### 3.3.6 MANEJO DE CAPAS.

El modelo TMN es jerárquico, basado en una arquitectura de capas que resulta en la separación de funciones, este modelo para las redes de telecomunicaciones y

<sup>6</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX iManager T2000 OM Introduction to T2000

servicios proporciona una estructura general que puede ser aplicada a cualquier sistema de gestión complejo.

De acuerdo a la TMN, las OSFs de la gestión de red están separadas en cinco capas jerárquicas. Cada capa define un grupo apropiado de operaciones de gestión. Estas capas son construidas una sobre otra y sus operaciones apropiadas están muy interrelacionadas.

El estándar TMN define las siguientes cinco capas de la OSF, como se indica en la figura 3.10.

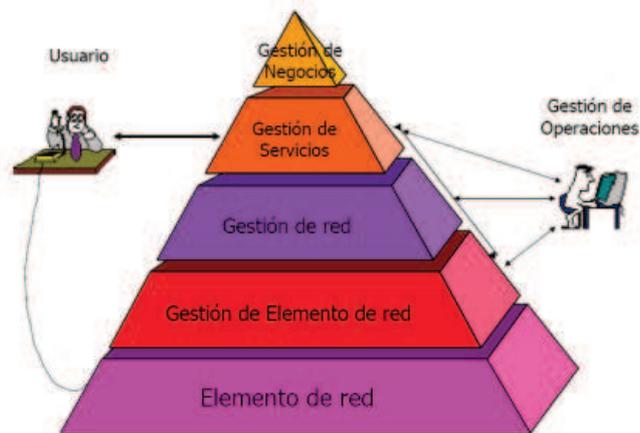


Figura 3.10 Modelo de capas OSF<sup>7</sup>

### 3.3.6.1 Capa de Elementos de Red (Network Element Layer, NEL).

En esta capa se presenta la información gestionable TMN, realiza el control y operación de los elementos de red individual, en esta capa se puede realizar las siguientes funciones:

- Configuración del elemento de red.
- Recolección de datos de tráfico de la red.
- Autodiagnósticos.
- Monitoreo de alarmas.
- Conversión de direcciones y protocolos

<sup>7</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX iManager T2000 OM Introduction to T2000

### 3.3.6.2 **Capa de Gestión de Elementos de Red (Network Element Management Layer, NEML).**

Gestiona, controla y coordina los elementos de la red, por ejemplo, switches, sistemas de transmisión. Esta capa trata con las funciones de gestión específicas de cada fabricante, ocultando estas funciones a la capa superior. Las funciones de cada NE son gestionadas por OSF de la capa de gestión de red.

Las principales funciones que se realizan en esta capa son:

- Gestión de los equipos de la red.
- Activación/Desactivación de servicios solicitados por la capa de gestión de red
- Detección de fallas.
- Gestión de los datos almacenados acerca del funcionamiento del NE (fallas y funcionamiento).

### 3.3.6.3 **Capa de Gestión de Red (Network Management Layer, NML).**

Gestiona, controla y opera las redes o sistemas que prestan los servicios, en su conjunto, por ejemplo, capacidad, diversidad y congestión.

Las funciones principales que se realizan en esta capa son:

- Control y coordinación de actividades de la red punto a punto.
- Gestión de disponibilidad y capacidad de la red.
- Provisión de productos y servicios a nivel de red.
- Gestión de alarmas (correlación) y fallas.
- Mantenimiento de las capacidades y calidad de funcionamiento de la red.

### 3.3.6.4 **Capa de Gestión de Servicios (Service Management Layer, SML)**

Realiza la gestión y Operación de Clientes, Productos y Servicios. Gestiona aquellos aspectos directamente observables por los usuarios de la red de telecomunicaciones, estos usuarios pueden ser clientes u otros proveedores de servicio.

Las funciones principales que se realizan en esta capa son:

- Contacto con los clientes y otros proveedores de servicios.
- Gestión de productos y servicios de clientes.
- Identificación de accesos del cliente a la red.
- Atención de reclamos comerciales y técnicos.
- Gestión de acuerdos de nivel de servicio.
- Reducción de los costos, mejoramiento de la calidad y los plazos de entrega.

Dentro del sistema de gestión T2000 OptiX iManager, solo se especifica hasta la capa de gestión de servicio, ya que la capa de gestión de negocios, es un tema muy amplio que se debe tratar a profundidad en algún proyecto que haga referencia a este punto, pero para tener una idea, se la trata entre breves rasgos.

#### 3.3.6.5 **Capa de Gestión de Negocios (Business Management Layer, BML).**

Gestión y Operación del negocio corporativo, por ejemplo, para alcanzar ganancias en la inversión, segmento del mercado.

Las funciones principales que se realizan en esta capa son:

- Fijación y seguimiento de metas y gestión global de la empresa.
- Decisiones ejecutivas y corporativas.
- Planificación estratégica.
- Gestión de acuerdos con otros operadores.
- Seguimiento de presupuestos y finanzas

#### 3.3.7 **MANEJO DE ALARMAS**

Para la TMN el manejo de alarmas es fundamental. Cuando se opera el sistema de gestión desafortunadamente no es posible tener un sistema sin problemas, ya sea por fallas de hardware, software o del mal manejo de los componentes de la red.

El TMNS tiene herramientas que le permiten al operador conocer las causas de los diferentes problemas que se presentan en la red.

Las alarmas son manejadas y administradas por el Servidor. Cualquier mensaje de alarma es salvado en la parte correspondiente a la sección de alarmas, la cual se detallará más adelante.

Cuando un cliente se conecta al servidor, este solicita la información de alarmas a la base de datos. Cualquier cambio en la información de alarmas se envía a los clientes que se encuentran conectados, como una notificación instantánea.

#### 3.3.7.1 Clases de Alarmas

De acuerdo con las recomendaciones de la ITU, hay cuatro clases de alarmas:

- Alarmas de comunicación: Asociada con los procedimientos y/o requerimientos para transportar la información desde el punto A hasta el punto B.
- Alarma de calidad de servicio: Asociada con una degradación de la calidad en un servicio.
- Alarma de equipo: Asociada con fallas de equipo.
- Alarma de Ambiente: Asociada con una condición ambiental.

#### 3.3.7.2 Severidad de las alarmas.

Hay cinco clases de severidad de alarmas:

- Indeterminada: Indica que la severidad de la alarma no puede ser determinada por el elemento de red.
- Crítica: Indica que ha ocurrido una falla extremadamente grave y se requiere una acción correctiva urgente.
- Mayor: Indica que ha ocurrido una falla grave y se necesita una acción correctiva para prevenir que la falla se convierta en extremadamente grave.
- Menor: Indica que ha ocurrido una falla que no es grave.

- Prevención: Indica la detección de una anomalía.

### 3.3.7.3 Estado de las alarmas

El estado de alarma es un atributo de cada alarma dependiendo del ciclo de la misma o un atributo de un recurso manejado. Para hacer un seguimiento de la alarma en el proceso de corrección de la falla, el operador emplea el atributo de una instancia de la alarma presente actualmente. En este caso se tienen los siguientes valores:

- No reconocida (Unacknowledged): Es el valor por defecto para una alarma nueva.
- Reconocida (Acknowledged): Indica que la alarma ha sido reconocida por el operador. Se almacena hora, fecha y el usuario que reconoce la alarma.

Para cada objeto, en el TNMS existen tres estados de alarma que son los siguientes:

- Sin Alarmas: Indica que el objeto se encuentra sin alarmas.
- No reconocida (Unacknowledged): Indica que al menos hay una alarma sin reconocer.
- Reconocida (Acknowledged): Indica que al menos una alarma está reconocida y se requiere una acción correctiva.

El T2000 OptiX iManager no solo soporta todas las funciones de gestión a nivel Elemento de red, incluyendo gestión de fallas, gestión de desempeño, gestión de configuración, gestión de seguridad, gestión de conmutación, gestión de topología y gestión de sistema, sino que soporta además múltiples funciones de red, entre las que se citan:

- Gestión de camino de extremo a extremo, garantizando un rápido aprovisionamiento de servicios.
- Gestión de servicios de extremo a extremo.
- Gestión de recursos de red unificada a través de la sub-red de protección.

- Gestión del canal de comunicación de red (DCN) para toda la red.

El T2000 iManager soporta interfaces de tipo CORBA, XML y SNMP hacia sistemas de gestión de nivel superior. Corba constituye el estándar actual de la industria, si bien está siendo desplazado por XML debido a su gran flexibilidad, mientras que la simplicidad SNMP facilita la interconexión con aplicaciones estándar de terceros.

El sistema de gestión permitirá gestionar de manera integrada toda la red lineal objeto del presente proyecto, al mismo tiempo soportará la incorporación de nuevos equipos que sean instalados en otras localidades.

## CAPÍTULO IV

### DETERMINACIÓN DE COSTOS Y DEFINICIÓN DE PRODUCTOS

#### 4. INTRODUCCIÓN

En este último capítulo se analizan aspectos técnicos y costos de equipos de dos diferentes fabricantes que trabajan con la tecnología NGSDH, con el fin de tener criterios que nos ayuden a elegir un fabricante en específico.

##### 4.1 EQUIPOS HUAWEI

Los equipos OptiX OSN de la marca Huawei son sistemas inteligentes de conmutación óptica con arquitectura de "doble núcleo". Se puede utilizar en modo paquete o TDM. Cuando son utilizados con otros equipos Huawei, admiten varias aplicaciones de networking, como la aplicación en modo de paquete puro, la aplicación de red híbrida (central telefónica virtual en modo paquete y modo TDM) y la aplicación en modo TDM puro. Mediante el uso de una red adecuada, el servicio de datos y el servicio convencional SDH pueden ser procesados de manera óptima. Por lo tanto, los equipos OptiX OSN transmiten de manera eficiente voz, datos, SAN y servicios de video en la misma plataforma. Los equipos OptiX OSN tienen las siguientes características:

- *Arquitectura de doble núcleo, transmisión multiservicio:* Con una arquitectura de doble núcleo, los equipos OptiX OSN cumplen requisitos para transportar servicios convencionales y un número mayor de servicios de paquetes.
- *Soporte de backhaul 3G móvil, mejor servicio de transmisión:* Para hacer frente a los requisitos de backhaul 3G móviles, los equipos Optix OSN ofrecen soluciones completas en la transmisión de paquetes, con convergencia y grooming de servicios en la capa de núcleo de una red inalámbrica.
- *WDM integrado/microondas, networking flexible:* Los equipos OptiX OSN utilizan tecnología WDM para transmitir varias longitudes de onda sobre fibra óptica. Entonces, los OptiX OSN pueden interconectarse con equipos WDM.

Las tecnologías que soportan los equipos OptiX OSN son:

- Jerarquía digital síncrona (SDH).
- Multiplexación por división de longitud de onda (WDM).
- Ethernet.
- Modo de transferencia asíncrono (ATM).
- Jerarquía digital Plesiócrona (PDH).
- Red de área de almacenamiento (SAN).
- Red de datos digital (Digital Data Network, DDN).
- Conmutación automática de redes de fibra óptica (ASON).

#### **4.1.1 SERVICIOS Y FUNCIONES**

Los equipos Huawei de la serie OptiX OSN soportan funcionalidades basadas en IP, entre las funciones más importantes están: de conmutación Ethernet a nivel de capa 2, conformación de Redes de Área Local Virtuales (Virtual Local Area Network, VLAN) y Redes Privadas Virtuales (Virtual Private Network, VPN), organización de tráfico (traffic grooming), soporte de Conmutación basada en Etiquetas Multi-Protocolo (Multi-Protocol Label Switching, MPLS), conformación de anillos de paquetes resistentes a fallas (Resilient Packet Ring, RPR), manejo de ancho de banda bajo demanda (Bandwidth on Demand, BOD), Procedimiento de Encapsulación Genérica (GFP), Esquema de Ajuste de Capacidad de Enlace (LCAS), esquema de calidad de servicio (QoS) basados en tasa de transmisión comprometida (Committed Transmission Rate, CTR), función de traspaso de estado de enlace (Link State Transfer, LST), para interconexión efectiva de ruteadores IP, mecanismos de protección simultánea a nivel de red y a nivel de servicios IP.

Estas funciones permiten implementar redes IP de tipo: Línea Privada Ethernet (Ethernet Private Line, EPL), Red LAN Privada Ethernet (Ethernet Private LAN, EPLAN), Línea Privada Virtual Ethernet (Ethernet Virtual Private Line, EVPL), Red LAN Privada Virtual Ethernet (Ethernet Virtual Private LAN, EVPLAN), las cuales permiten el transporte eficiente y confiable de tráfico IP en modalidades punto a

punto y punto a multi-punto, de manera transparente y mediante conmutación a nivel de capa 2, dependiendo de la aplicación.

La cantidad de Contenedores Virtuales utilizados por el tráfico Ethernet puede ser definida de manera flexible y ajustada de manera dinámica dependiendo de las condiciones de la red.

Soportan interfaces de tipo Ethernet, Fast Ethernet y Giga Ethernet, con la posibilidad de brindar Conmutación de Protección de Tributarios (Tributaries Protection Switching, TPS) sobre dichas interfaces.

Los equipos OptiX OSN, pueden ser equipados con las funcionalidades IP arriba mencionadas únicamente mediante la adición de las correspondientes tarjetas de interfaz y procesamiento de servicio IP.

En la figura 4.1 se ilustra de manera sencilla las funcionalidades de transporte de servicios IP y de protección de tributarios Ethernet.

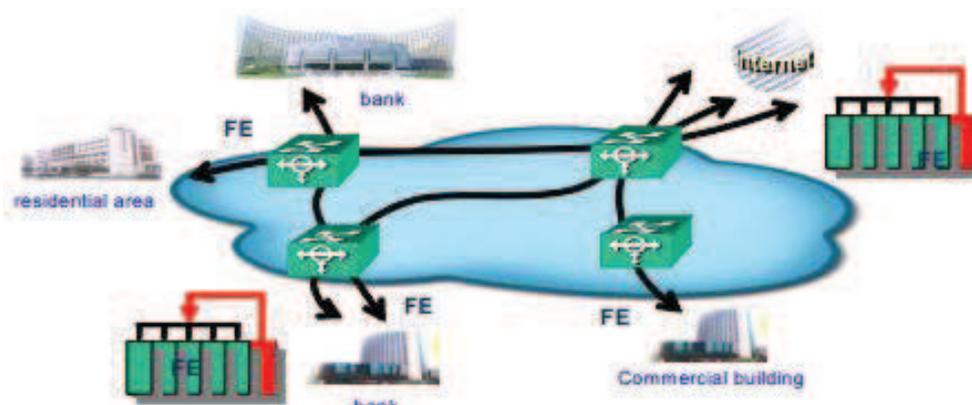


Figura 4.1 Transporte y Protección de tributarios IP<sup>1</sup>

La funcionalidad de transporte de servicios IP es simple. El soporte de interfaces FE y GE permiten a la red de transporte conectarse directamente con redes de área local en el protocolo nativo de las mismas. Adicionalmente, la función de traspaso de Estado del Enlace (LPT), permite la interconexión confiable entre ruteadores, realizando la conmutación de manera dinámica hacia un enlace de respaldo en caso de falla en el enlace principal. La función de protección de tributarios Ethernet

<sup>1</sup> HACKBARTH K D, Arquitectura de Redes Proprietarios, Universidad de Cantabria, 2010.

permite configurar una tarjeta para brindar protección de redundancia 1:N a una o más tarjetas activas. En caso de falla de una de las tarjetas activas, la tarjeta de respaldo automáticamente entrará a suplir sus funciones.

#### 4.1.2 OSN 3500

El equipo OptiX OSN 3500 es un equipo de transmisión integrado que permite velocidades de 2.5 Gbps (STM-16) y 10 Gbps (STM-64) como interfaces de línea. Es una plataforma de transmisión multi-servicios. Es compatible con las tradicionales redes SDH e integra además muchas y variadas tecnologías, tales como, PDH, Ethernet, WDM, ATM y RPR entre otras tecnologías. Sus aplicaciones más comunes se orientan a los backbones de las redes de transmisión con la ventaja de que provee una completa solución para evaluar desde las plataformas SDH existentes hacia redes ópticas de conmutación automática. El OptiX OSN transmite voz, datos, redes SAN y servicios de video eficientemente sobre la misma plataforma.



Figura 4.2 OptiX OSN 3500<sup>2</sup>

El OptiX OSN 3500 se compone un gabinete, un panel lateral, una unidad de distribución de potencia, un bastidor, un marco de fijación para ordenar los cables, tableros y cables como se muestra en la Figura 4.2.

<sup>2</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

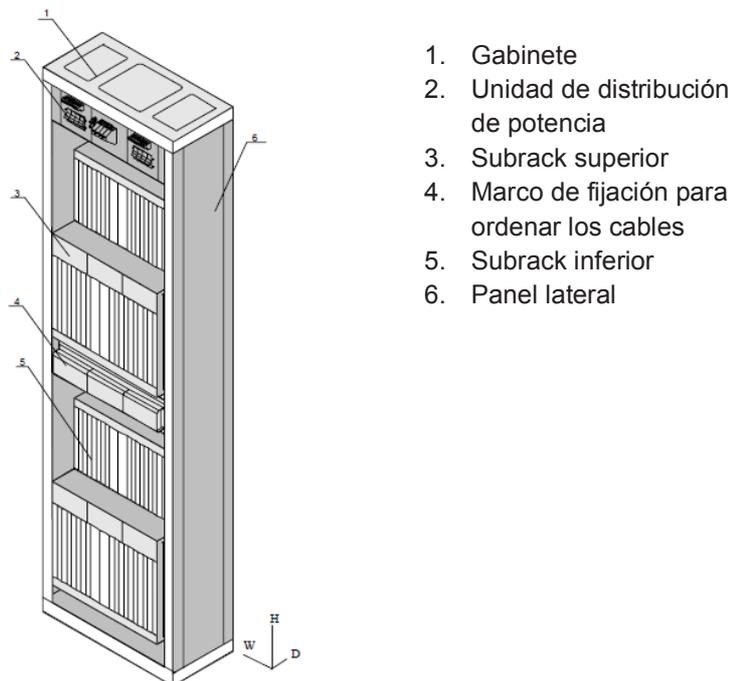


Figura 4.3 Componentes y arquitectura del OptiX OSN 3500<sup>3</sup>

#### 4.1.2.1 Configuración del Gabinete

Hay indicadores y una unidad de distribución de energía en la parte superior del gabinete, como se muestra en la Figura 4.3.

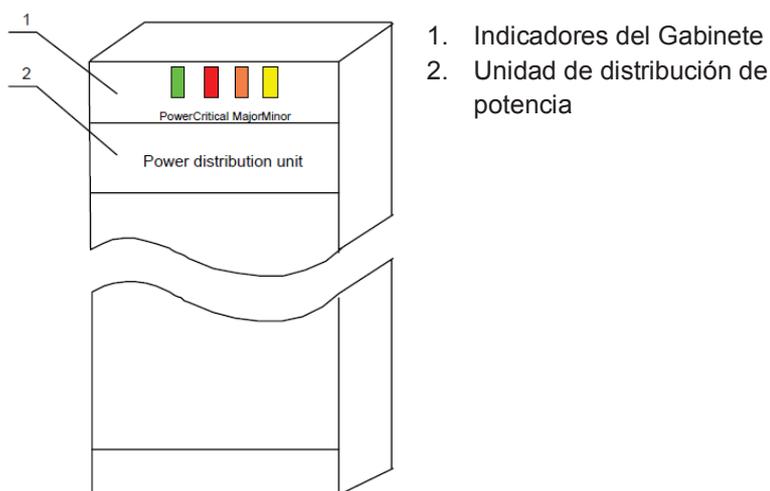


Figura 4.4 Configuración del Gabinete<sup>4</sup>

<sup>3</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

<sup>4</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

En la Tabla 4.1 se muestran la descripción de los indicadores del gabinete.

Indicador	Estado	Descripción
Indicador de encendido (verde)	On	El equipo está encendido
	Off	El equipo no está encendido
Indicador de alarmas críticas (rojo)	On	Hay alarmas críticas
	Off	No hay alarmas críticas
Indicador de alarmas mayores (tomate)	On	Hay alarmas mayores
	Off	No hay alarmas mayores
Indicador de alarmas menores (amarillo)	On	Hay alarmas menores
	off	No hay alarmas menores

Tabla 4.1 Descripción de los indicadores del gabinete<sup>5</sup>

En la Figura 4.4 se ilustra Unidad de distribución de potencia.

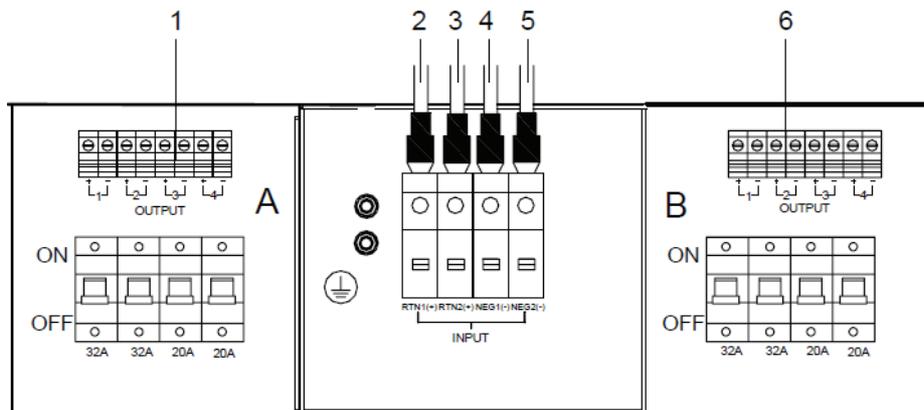


Figura 4.5 Unidad de distribución de potencia<sup>6</sup>

En el OptiX OSN 3500 el terminal de cable de salida izquierdo alimenta de energía a la placa PIU en el lado izquierdo del bastidor, y el terminal de cable de salida derecho al lado derecho del subrack.

#### 4.1.2.2 Subrack de un OptiX OSN 3500

A continuación se presenta la estructura, distribución de slots, parámetros técnicos del subrack OptiX OSN 3500.

<sup>5</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

<sup>6</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

#### 4.1.2.2.1 Estructura

El subrack del OptiX OSN 3500 adopta la estructura de dos capas. Se divide en área del tablero, área del ventilador y el área de encaminamiento de fibra. Como se muestra en la Figura 4.5.

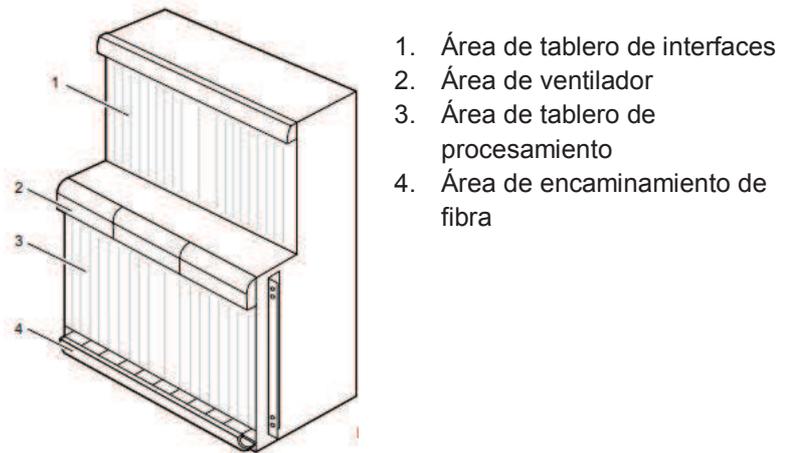


Figura 4.6 Estructura del subrack del OptiX OSN 3500<sup>7</sup>

- Área de tablero de interfaces: alberga todas las tarjetas de interfaces del OptiX OSN 3500.
- Área de ventilador: alberga tres módulos de ventilación, que permite la función de disipación de calor.
- Área de tablero de procesamiento: alberga todas las placas de procesamiento del OptiX OSN 3500.
- Área de encaminamiento de fibra: para el enrutamiento de fibra.

#### 4.1.2.2.2 Distribución de ranuras (slots)

El subrack del OSN 3500 tiene dos capas. La capa superior tiene 16 ranuras para tarjetas de interfaz. La capa inferior tiene 18 ranuras, 15 ranuras de las cuales para el procesamiento de tarjetas. En la Figura 4.6 se muestra la distribución de ranuras.

<sup>7</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

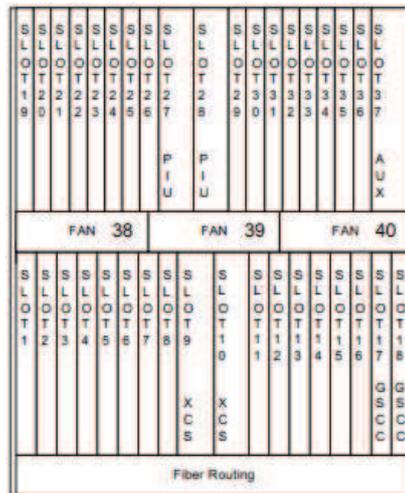


Figura 4.7 Distribución de ranuras del OptiX OSN 3500<sup>8</sup>

- Ranuras para tarjetas de interfaz: Tarjetas de interfaz de servicio, ranuras de 19 – 26 y 29 – 36.
- Ranuras para tarjetas de procesamiento: Tarjetas de procesamiento de servicio, ranuras de 1 – 8 y 11 – 17.
- Ranuras para otras tarjetas
  - Tarjetas XCS, ranuras 9 y 10
  - Tarjetas GSCC, ranuras 17 y 18 (Ranura 17 también puede contener una tabla de procesamiento de servicios)
  - Tarjetas de interfaz de energía, ranura 27 y 28.
  - Tarjetas de interfaz auxiliares, ranura 37.

#### 4.1.2.3 Lista y clasificación de tarjetas

La mayoría de tarjetas de los productos OptiX OSN son intercambiables. Las mismas tarjetas pueden ser utilizadas en la gama de productos OSN. Las tarjetas se clasifican en los siguientes tipos:

- Tarjetas SDH
- Tarjetas PDH
- Tarjetas de procesamiento de datos

<sup>8</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

- Tarjetas SCC y cross-conectoras
- Otras tarjetas

#### 4.1.2.3.1 Tarjetas SDH

En la Tabla 4.2 se muestran las tarjetas SDH que soportan los equipos OSN 3500.

Tarjeta	Descripción	3500 (40Gbps)	3500 (80Gbps)
N2SL64	Tarjeta de procesamiento STM-64	X	X
N1SL16(A)	Tarjeta de procesamiento STM-16	X	X
N2SL16(A)	Tarjeta de procesamiento STM-16	X	X
N1SF16	Tarjeta de procesamiento STM-16 con FEC	X	X
N1SLQ4	4 x Tarjeta de procesamiento STM-4	X	X
N2SLQ4	4 x Tarjeta de procesamiento STM-4	X	X
N1SLD4	2 x Tarjeta de procesamiento STM-4	X	X
N2SLD4	2 x Tarjeta de procesamiento STM-4	X	X
N1SL4	1 x Tarjeta de procesamiento STM-4	X	X
N2SL4	1 x Tarjeta de procesamiento STM-4	X	X
N1SLT1	12 x Tarjeta de procesamiento STM-1	X	X
N1SLQ1	4 x Tarjeta de procesamiento STM-1	X	X
N2SLQ1	4 x Tarjeta de procesamiento STM-1	X	X
N1SL1	1 x Tarjeta de procesamiento STM-1	X	X
N2SL1	1 x Tarjeta de procesamiento STM-1	X	X
N1SEP1	2 x Tarjeta de procesamiento STM-1 (llevado a cabo desde el panel frontal)	X	X
N1SEP	8 x Tarjeta de procesamiento STM-1 (trabaja con tarjetas de interfaz)	X	X
N1EU08	8 x Tarjeta de procesamiento STM-1	-	X
N1EU04	4 x Tarjeta de procesamiento STM-1	X	X
N1OU08	8 x Tarjeta de procesamiento STM-1	-	X
N2OU08	8 x Tarjeta de procesamiento STM-1	-	X
N1TSB8	8 canales conmutación-tarjeta de puente	X	X
N1TSB4	4 canales conmutación-tarjeta de puente	X	X

Tabla 4.2 Tarjetas SDH para el equipo OSN 3500<sup>9</sup>

#### 4.1.2.3.2 Tarjetas PDH

En la tabla 4.3 se muestran las tarjetas PDH que soportan los equipos OSN 3500.

Tarjeta	Descripción	3500 (40Gbps)	3500 (80Gbps)
N1PQ1A/B	63 x E1 tarjeta de procesamiento (75ohm/120ohm)	X	X
N1PQM	63 x T1/E1 tarjeta de procesamiento	X	X

<sup>9</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

Tarjeta	Descripción	3500 (40Gbps)	3500 (80Gbps)
N1PD3	6 x T3/E3 tarjeta de procesamiento	X	X
N1PL3	3 x T3/E3 tarjeta de procesamiento	X	X
N1PL3A	3 x T3/E3 tarjeta de procesamiento	X	X
N1SPQ4	4 x E4/STM-1 tarjeta de procesamiento	X	X
N2SPQ4	4 x E4/STM-1 tarjeta de procesamiento	X	X
N1D75S	32 x E1/T1 tarjeta de interfaces de conmutación (75 ohm)	X	X
N1D12S	32 x E1/T1 tarjeta de interfaces de conmutación (120 ohm)	X	X
N1D12B	32 x E1/T1 tarjeta de interfaz	X	X
N1D34S	6 x E3/T3 tarjeta de interfaz PDH	X	X
N1C34S	3 x E3/T3 tarjeta de interfaz PDH	X	X
N1MU04	4 x E4/STM-1 tarjeta de interfaz	X	X
N1TSB8	8 canales conmutación-tarjeta de puente	X	X
N1TSB4	4 canales conmutación-tarjeta de puente	X	X

Tabla 4.3 Tarjetas PDH para el equipo OSN 3500<sup>10</sup>

#### 4.1.2.3.3 Tarjetas de procesamiento de datos

En la tabla 4.4 se muestran las tarjetas de procesamiento de datos que soportan los equipos OSN 3500, incluyendo tarjetas ATM y tarjetas Ethernet.

Tarjeta	Descripción	3500 40Gbps	3500 80Gbps
N1EFS4	4-puertos FE tarjeta de procesamiento con conmutación L2	X	X
N1EFS0	FE tarjeta de procesamiento con conmutación L2	X	X
N2EFS0	FE tarjeta de procesamiento con conmutación L2	X	X
N1EGS2	2-puertos Gigabit Ethernet tarjeta de procesamiento de conmutación	X	X
N2EGS2	2-puertos Gigabit Ethernet tarjeta de procesamiento de conmutación	X	X
N1EGT2	2-puertos Gigabit Ethernet tarjeta de transmisión transparente	X	X
N1EFT8	16-puertos Fast Ethernet tarjeta de transmisión transparente	X	X
	8-puertos Fast Ethernet tarjeta de transmisión transparente	X	X
N1EMR0	12 FE + 1 GE tarjeta de procesamiento Ethernet con función RPR	X	X
N2EMR0	12 FE + 1 GE tarjeta de procesamiento Ethernet con función RPR	X	X

<sup>10</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

Tarjeta	Descripción	3500 40Gbps	3500 80Gbps
N2EGR2	2-puertos GE tarjeta de procesamiento con función RPR	X	X
N1EFF8	8-puertos 10/100M Ethernet tarjeta óptica	X	X
N1ETF8	8-puertos 10/100M BASE-T tarjeta de interfaz Fast Ethernet	X	X
N1ETS8	8-puertos 10/100M BASE-T tarjeta de conmutación de interfaz Ethernet	X	X
N1ADL4	1 x STM-4 tarjeta de procesamiento ATM	X	X
N1ADQ1	4 x STM-1 tarjeta de procesamiento ATM	X	X
N1IDL4	1 x STM-4 tarjeta de procesamiento de servicio ATM con IMA	X	X
N1IDQ1	4 x STM-1 tarjeta de procesamiento de servicio ATM con IMA	X	X
N1MST4	4 x tarjeta de procesamiento de transmisión transparente multiservicio	X	X

Tabla 4.4 Tarjetas de procesamiento de datos para el equipo OSN 3500<sup>11</sup>

#### 4.1.2.3.4 Tarjetas SCC y cross-conectoras

En la tabla 4.5 se muestran las tarjetas SCC y cross-conectoras que soportan los equipos OSN 3500.

Tarjeta	Descripción	3500 (40Gbps)	3500 (80Gbps)
N1GXCSA	Tarjeta de distribución y cross-conectora (40Gbps de orden superior, 5Gbps de orden inferior)	X	X
N1EXCSA	Tarjeta de distribución y cross-conectora mejorada (80Gbps de orden superior, 5 Gbps de orden inferior)	-	X
N1UXCSA	Tarjeta de distribución y cross-conectora mejorada (80Gbps de orden superior, 20 Gbps de orden inferior)	-	X
N1UXCSB	Tarjeta de distribución y cross-conectora mejorada (80Gbps de orden superior, 20 Gbps de orden inferior con soporte a subrack extendido)	-	X
N1XCE	Tarjeta de distribución y cross-conectora de bajo orden para subrack extendido	-	X
N1SCC	Tarjeta de comunicación y sistema de control	X	X
N1GSCC	Tarjeta de comunicación y sistema de control (soporta funciones inteligentes)	X	X

Tabla 4.5 Tarjetas SCC y cross-conectoras para el equipo OSN 3500<sup>12</sup>

<sup>11</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

<sup>12</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

#### 4.1.2.3.5 Otras tarjetas

En la tabla 4.6 se muestran otras tarjetas que soportan los equipos OSN 3500.

Tarjeta	Descripción	3500 (40Gbps)	3500 (80Gbps)
N1MR2A	2-canales ópticos tarjeta de multiplexación add/drop	X	X
N1MR2C	2-canales ópticos tarjeta de multiplexación add/drop (área de interfaz)	X	X
N1LWX	Tarjeta de conversión de longitud de onda de la velocidad binaria arbitraria	X	X
N1BPA	Tarjeta preamplificadora y amplificadora Booster	X	X
N1BA2	Tarjeta amplificadora Booster	X	X
N1/N2DCU	Tarjeta compensadora de dispersión	X	X
N1PIU	Tarjeta de interfaz de potencia	X	X
N1FAN	Tarjeta del ventilador	X	X
N1FANA	Tarjeta del ventilador (gran potencia)	X	X
N1AUX	Tarjeta de procesamiento de Sistema auxiliar	X	X
N1COA, 61COA, 62COA	Amplificador óptico externo	X	X

Tabla 4.6 Otras tarjetas que soporta el equipo OSN 3500<sup>13</sup>

## 4.2 EQUIPOS ZTE

El repunte de los servicios plantea un gran desafío para las redes de banda ancha. Con la evolución de la red de transporte, se necesitan equipos de transporte multi-servicio que ofrecen gran capacidad, envío flexible y de alta fiabilidad, ancho de banda elástico y capacidad de actualización para gestionar la prestación de servicios en la red de core.

Teniendo en cuenta la diversidad de servicios y la variación de la arquitectura de red, con la tecnología de ZTE, experiencia en el campo SDH y la implantación de nuevos contenidos tecnológicos en equipos SDH, ZTE tiene a la disposición el equipo ZXMP S385, una plataforma de transporte multiservicio STM-16/STM-64 inteligente

<sup>13</sup> HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description

diseñada con tecnología avanzada, lo que permite a los clientes construir la red eficiente y competitiva.

#### 4.2.1 ZXMP S385

El equipo ZXMP S385 presenta las siguientes características. Orientación capa de backbone de red o aplicaciones de capa de convergencia de gran capacidad, ZXMP S385 se puede servir como DXC de capacidad media, ADM de gran capacidad, al tiempo que permite conmutación Ethernet y conmutadores funcionalidades ATM a través de funciones de MSTP.

Se puede configurar flexiblemente REG/TM/ADM/MADM cuando sirve como ADM. Tiene la capacidad de actualizar de STM-16 a STM-64. En la figura 4.7 se ilustra un equipo ZXMP S385.



Figura 4.8 Equipo ZXMP S385<sup>14</sup>

##### 4.2.1.1 Características

###### 4.2.1.1.1 Servicio flexible y de gran capacidad para la capacidad de envío.

El equipo tiene la capacidad de procesar múltiples líneas ECC, satisfaciendo los requisitos para la creación de redes complejas, soportando topologías de redes complejas como lineal, anillo en los niveles de STM-1/STM-4/STM-16/STM-64.

<sup>14</sup> ZTE CORPORATION, ZXMP S385 SDH-Based Multi-Service Node equipment, 2013

#### 4.2.1.1.2 Gran capacidad de acceso de servicios múltiples

ZXMP S385 ofrece interfaces de servicio versátiles: interfaces ópticas STM-64/STM-16/STM-4/STM-1, E3/T3, E1/T1 (estructura de soporte de procesamiento) interfaces eléctricas, interfaz POS, interfaz ATM, interfaces Ethernet FE/GE e interfaz de SAN. Múltiples modos portadores como EOS, introduciendo RPR y MPLS que están disponibles para ofrecer la Línea Privada Ethernet (EPL), Línea Privada Virtual Ethernet (EVPL), Ethernet LAN Privada (EPLAN) y servicios Ethernet LAN Privadas Virtuales (EVPLAN), frente a los requisitos de múltiples tecnologías en los diferentes entornos de red.

#### 4.2.1.1.3 Equipo de protección altamente confiable y completa

ZXMP S385 proporciona una protección perfecta a equipos de nivel, con diseño redundante de hardware, arquitectura de dual-bus que es adoptada en bus de servicio, bus de overhead y bus de reloj, lo que resulta en una fiabilidad del sistema mejorada y estable. Dos tarjetas de reloj cross-conectoras se emplean para llevar a cabo la protección 1+1 para el reloj.

- 1: N de protección de servicio de hardware para tarjetas de servicio PDH1
- 1: N ( $N \leq 9$ ) protección para tarjetas de servicio E1/T1
- 1: N ( $N \leq 4$ ) protección para E3/T3, STM-1 e interfaces eléctricas FE.

Múltiples modos de protección incluyen la protección del gabinete de fuente de alimentación externa, la protección de la fuente de alimentación y la protección de acceso de energía al sub-rack.

#### 4.2.1.1.4 Protección de la red inteligente

ZXMP S385 soporta una protección a nivel de red: permite características de redes recomendados por la UIT-T, los modos de protección que contienen.

- Protección de sección de multiplexación de enlace 1 + 1
- Protección de enlace 1 : N ( $N = 14$ )
- Anillo de protección de camino unidireccional
- Anillo de protección de sección de multiplexación bidireccional (2 fibras)

- Anillo de protección de sección de multiplexación bidireccional (4 fibras)
- Protección de la interconexión de nodo dual (Dual Node Interconnection Protection, DNI)
- Protección de conexión de subred (SNCP)
- Protección de la subred lógica (Logic SubNetwork Protection, LSNP).

ZXMP S385 soporta la detección automática de la topología de la red y de los recursos, la prestación de servicios de extremo a extremo es automática y rápida, resistencia al fracaso de varios nodos en la red, también es compatible con la protección del servicio multi-prioridad y la política de restauración.

#### *4.2.1.1.5 Escalabilidad excepcional*

ZXMP S385 puede fácilmente actualizarse al sistema 10G desde el sistema 2.5G. Diseñado para soportar las tecnologías LCAS y GFP, soporta la transmisión híbrida orientada a datos y voz, garantizando que las capacidades sean constantes para enviar y procesar los servicios de datos.

#### *4.2.1.1.6 Diseño de sonido, facilitando la operación y mantenimiento*

ZXMP S385 soporta la inserción mixta de placas, lo que facilita la configuración de servicios, la planificación y optimización de redes. La operación del sistema adopta las interfaces de frente, fácil para el mantenimiento. Emplea módulos ópticos conectables (SFP, conector LC) y soporta funciones ALS, varias tarjetas ópticas y tarjetas eléctricas comparten repuestos, reduciendo los costos. Soporta la detección de potencia óptica on-line para todas las interfaces ópticas, lo que facilita la rápida localización de fallas en las líneas y aumenta la eficiencia del mantenimiento.

#### **4.2.1.2 Capacidad de extensión y cross-conexión**

El equipo puede soportar máximo 14 ranuras de servicio y acceder a una gran cantidad de servicios PDH, SDH y de datos al mismo tiempo. Puede procesar 56-caminos ECC y soporta topologías de red como lineal, anillo y anillo cruzado de los niveles STM-N que satisfacen completamente los requisitos de redes complejas.

#### 4.2.1.3 Interfaces ópticas

ZXPM S385 proporciona cuatro tipos de interfaces ópticas: STM-64, STM-16, STM-4, STM-1. Como se muestra en la tabla 4.7

Tipo de Tarjeta	Velocidad (Mbps)	Integración de tarjeta (canal/tarjeta)	Cantidad máxima de acceso
STM-64	9953.280	1	14
STM-16	2488.320	1	14
STM-4	622.080	1/2	28
STM-1	155.520	2/4/8	112

Tabla 4.7. Interfaces ópticas del ZXPM S385<sup>15</sup>

#### 4.2.1.4 Interfaces eléctricas

ZXPM S385 proporciona interfaces eléctricas STM-1 e interfaces eléctricas PDH, como se lista en la Tabla 4.8.

Tipo de Tarjeta	Velocidad (Mbps)	Integración de tarjeta (canal/tarjeta)	Cantidad máxima de acceso
STM-1	155.520	4/8	64
E3	34.368	6	48
T3	44.736	6	48
E1	2.048	63	630
T1	1.544	63	630

Tabla 4.8 Interfaces eléctricas del ZXPM S385<sup>16</sup>

#### 4.2.1.5 Estructura del gabinete

Las unidades básicas del equipo incluyen gabinete, sub-rack y la caja de distribución de energía. Como se muestra en la Figura 4.8.

<sup>15</sup> ZTE CORPORATION, ZXMP S385 SDH-Based Multi-Service Node equipment, 2013

<sup>16</sup> ZTE CORPORATION, ZXMP S385 SDH-Based Multi-Service Node equipment, 2013

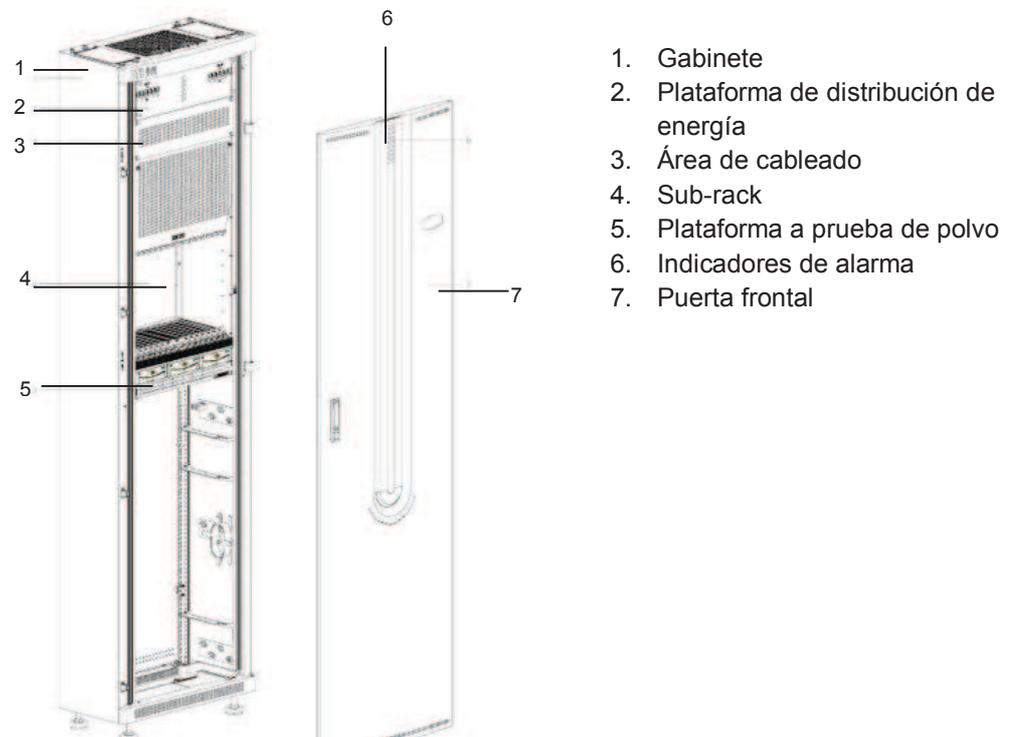


Figura 4.9 Estructura y configuración del gabinete ZXMP S385<sup>17</sup>

#### 4.2.1.6 Estructura del Sub-rack

El sub-rack del ZXMP S385 incluye tarjetas, caja de conexiones al ventilador y la unidad a prueba de polvo, la estructura del subrack se ilustra en la Figura 4.9.

El área de conexiones de tarjetas del ZXMP S385 se divide en 2 capas, donde la capa superior es para placas de interfaz con 15 ranuras y la capa baja es para las placas funcionales con 16 ranuras.

La parte inferior del sub-rack contiene una caja de conexiones de ventilador que contiene tres ventiladores que trabajan de forma independiente.

<sup>17</sup> ZTE CORPORATION, ZXMP S385 SDH-Based Multi-Service Node equipment, 2013



Código de la Tarjeta	Nombre de la tarjeta y explicación de configuración
EPE1 x 63 (75Ω)	Proceso eléctrico E1 x 63 (75Ω)
EPE1 x 63 (120Ω)	Proceso eléctrico E1 x 63 (120Ω)
EIE1 x 63	Interfaces eléctricas E1 x 63 (75Ω)
ESE1 x 63	Tarjeta de conmutación de interfaces eléctricas E1 x 63
EIT1 x 63	Interfaces eléctricas T1 x 63 (120Ω)
EST1 x 63	Tarjeta de conmutación de interfaces eléctricas T1 x 63
BIE1	Interfaces puente E1/T1
SEC x 48	Tarjeta de procesamiento Ethernet (48:1), 8 x FE + GE
SEC x 24	Tarjeta de procesamiento Ethernet (24:1), 8 x FE + GE
ESFE x 8	Tarjeta de conmutación de interfaces eléctricas Ethernet
TGE2B	Tarjeta de proceso transparente GE
FAN	Tarjeta de ventilador
OBA12	Tarjeta amplificador óptico (12dBm)
OBA14	Tarjeta amplificador óptico (14dBm)
OBA17	Tarjeta amplificador óptico (17dBm)
OBA19	Tarjeta amplificador óptico (19dBm)
OBA12 x 2	Tarjeta amplificador óptico (12dBm) de doble vía
OBA14 x 2	Tarjeta amplificador óptico (14dBm) de doble vía
OPA38	Pre-amplificador óptico de una vía (-38dBm)

Tabla 4.9 Tarjetas que utilizan los equipos ZXMP S385<sup>19</sup>

#### 4.2.1.8 Ranuras

A continuación se detallan las configuraciones de las ranuras del equipo ZXMP S385.

- Las tarjetas ópticas en las ranuras de servicio (OL64/OL16/OL4/OL1/GE) pueden ser intercambiados.
- Las tarjetas de interfaz eléctricos (EPE1/EPT1/EP3/LP1) sólo se pueden insertar en diez ranuras (slots 1 – 5 y 12 – 16).
- La correspondencia entre las tarjetas de interfaces eléctricas y las tarjetas de cableado es la siguiente: Slots 1 – 5 corresponden a las ranuras 61 – 65 en secuencia y las ranuras 12 – 16 corresponden a las ranuras 68 – 72 en secuencia.
- Las ranuras de las tarjetas de protección EPE1/EPT1 no son fijos y pueden ser insertados cualquiera de los diez ranuras para implementar la protección 1: N ( $N \leq 9$ ). Las tarjetas puentes y las tarjetas de protección se configuran en las ranuras emparejadas.

<sup>19</sup> ZTE CORPORATION, ZXMP S385 SDH-Based Multi-Service Node equipment, 2013

- Las tarjetas OBA y OPA se pueden insertar en cualquiera de las ranuras de servicio.
- Cuando no hay función de protección de tributario a ser implementado, las tarjetas de interfaces eléctricas deben configurarse con las correspondientes tarjetas de interfaz. Para implementar la función 63\*2M, una tarjeta EPE1 y una tarjeta EIE1 debe ser configuradas.
- Las tarjetas Qxl/SCI son obligatorias y la Qxl se debe configurar en la ranura 66 y la SCI en la ranura 77.
- Las ranuras 18 y 19 se utilizan para mantener las dos placas NCP que forman la copia de seguridad de unos a otros.
- Las ranuras 8 y 9 se utilizan para sostener las tarjetas de cross-conexiones y de reloj que forman la copia de seguridad de unos a otros.

### **4.3 ANÁLISIS DE COSTOS**

Como hemos podido observar los dos proveedores analizados tiene buenas prestaciones para tener un servicio de calidad y ambos son utilizados para la distribución de servicios dentro de la RTFO de la CNT EP. Ahora se hará un análisis de costos que podría servir como referencia para elegir uno de los dos proveedores analizados.

## 4.3.1 COSTOS DE EQUIPOS HUAWEI

Ítem	Descripción	Cantidad Total	Precio Unidad	Precio Total	ALG	STD	CON	UNI	QND	VIC	ES3	ES2	TON
OptiX OSN 3500													
<b>EQUIPAMIENTO PRINCIPAL</b>													
Rack		9	1030.59	9275.31	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sub-rack		9	811.14	7300.26	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>TARJETAS COMUNES</b>													
EOW	Engineering Orden Wire Board	7	286.11	2002.77	1	0	1	1	1	1	1	0	1
AUX	System Auxiliary Interface Board	9	238.59	2147.31	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FAN	Tarjeta ventilador	9	132.66	1193.94	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PIU	Power Interface Board	18	44.55	801.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CXL	STM-1 System Control, Cross-connect, Optical Interface Board	14	4821.63	67502.82	2	0	2	2	2	2	2	0	2
GXCSA	General Cross-connect and Synchronous Timing Board	4	5102.57	20410.28	0	2	0	0	0	0	0	2	0
GSCC	System Control and Communication Board	18	1916.64	34499.52	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>SUBTOTAL TARJETAS COMUNES</b>				<b>145134.1</b>									
<b>OPTICAL INTERFACES BOARDS</b>													
N1SLQ1	4 x STM-1 Optical Interface Board	4	2793.45	11173.8	1	1	0	0	0	0	0	1	1
N1SLT1	12 x STM-1 Optical Interface Board	6	3345.85	20075.1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
N1SLQ4	4 x STM-4 Optical Interface Board	5	2864.59	14322.9	0	1	0	1	0	0	1	1	1
N1SLQ16	1 x STM-16 Optical Interface Board	18	3574.62	64343.1	0	4	1	1	0	0	4	4	4

Ítem	Descripción	Cantidad Total	Precio Unidad	Precio Total	ALG	STD	CON	UNI	QND	VIC	ES3	ES2	TON
N1SLQ64	1 x STM-64 Optical Interface Board	15	3658.45	54876.7	2	4	2	2	2	1	1	1	0
<b>SUBTOTAL TARJETAS OPTICAS</b>				<b>164791.7</b>									
<b>PDH TRIBUTARY BOARD</b>													
PQ1	63 x E1 Services Processing Board	9	1450.02	13050.18	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>SUBTOTAL TARJETAS PDH</b>				<b>13050.18</b>									
<b>ETHERNET SWITCHING BOARD</b>													
N5EFSO	FE Processing Board	13	3751	48763	1	3	1	1	1	1	1	1	3
N2EGT2	GE Processing Board	8	4125	33000	1	2	1	0	1	1	0	0	2
<b>SUBTOTAL TARJETAS ETHERNET</b>				<b>81763</b>									
<b>CONNECTION BOARDS</b>													
ETF	8 x FE Interface Board	13	70.18	912.34	1	3	1	1	1	1	1	3	1
ETG	2 x GE Interface Board	8	125.75	1006	1	2	1	0	1	1	0	2	0
TBS	8-channel Switching and Bridging Board	9	141.24	1271.16	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>SUBTOTAL CONNECTION BOARDS</b>				<b>3189.5</b>									
<b>MATERIALES DE INSTALACION</b>													
Instalación de cable													
8E1-75Ω	Truck cable 30m 75Ω	120	134.64	8078.40	12	16	12	8	12	12	8	16	8
SMB-75Ω	Truck cable 115m clock/Lightning 75Ω	72	16.83	1211.76	8	8	8	8	8	8	8	8	8
FO	Patch cord single mode 2m, 30m	127	14.85	1885.95	12	19	13	13	12	11	16	16	15
Adaptador	Fixed Optical Atenuador1310/1550 -5dB	66	26.95	1778.7	6	10	7	7	6	6	8	8	8
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>12954.81</b>									
<b>TOTAL</b>				<b>407833.18</b>									

Tabla 4.10 Costos referenciales OSN 3500

## 4.3.2 COSTOS DE EQUIPOS ZTE

Ítem	Descripción	Cantidad Total	Precio Unidad	Precio Total	ALG	STD	CON	UNI	QND	VIC	ES3	ES2	TON
ZXMP S385													
<b>EQUIPAMIENTO PRINCIPAL</b>													
Rack		9	1100	9900	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sub-rack		9	850	7650	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>TARJETAS COMUNES</b>													
EW	Orden Wire Board	7	315	2205	1	0	1	1	1	1	1	0	1
AUX	Auxiliary Interface Board	9	310	2790	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FAN	Tarjeta ventilador	9	130	1170	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PIU	Power Interface Board	18	50	900	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Qxl	, Cross-connect, Optical Interface Board	14	5000	70000	2	0	2	2	2	2	2	0	2
CSE	Cross-switch y reloj sincronico	4	5200	20800	0	2	0	0	0	0	0	2	0
NCP	Net Control Processor	18	1900	34200	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>SUBTOTAL TARJETAS COMUNES</b>				<b>149615</b>									
<b>OPTICAL INTERFACES BOARDS</b>													
OL4 x 2	2 x STM-1 Optical Interface Board	8	1400	11200	2	2	0	0	0	0	0	2	2
OL1 x 4	4 x STM-1 Optical Interface Board	18	1200	21600	0	3	3	0	3	3	3	3	0
OL4 x 2	2 x STM-4 Optical Interface Board	10	1500	15000	0	2	0	2	0	0	2	2	2
OL16	1 x STM-16 Optical Interface Board	18	3600	64800	0	4	1	1	0	0	4	4	4
OL64	1 x STM-64 Optical Interface Board	15	3600	54000	2	4	2	2	2	1	1	1	0
<b>SUBTOTAL TARJETAS OPTICAS</b>				<b>166600</b>									
<b>PDH TRIBUTARY BOARD</b>													

Ítem	Descripción	Cantidad Total	Precio Unidad	Precio Total	ALG	STD	CON	UNI	QND	VIC	ES3	ES2	TON
EPE1 x 63 (75Ω)	63 x E1 Services Processing Board	9	1500	13500	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>SUBTOTAL TARJETAS PDH</b>				<b>13500</b>									
<b>ETHERNET SWITCHING BOARD</b>													
SEC x 48	FE Processing Board	13	3600	46800	1	3	1	1	1	1	1	3	1
TGE2B	GE Processing Board	8	4000	32000	1	2	1	0	1	1	0	2	0
<b>SUBTOTAL TARJETAS ETHERNET</b>				<b>78800</b>									
<b>CONNECTION BOARDS</b>													
ESFE x 8	8 x FE Interface Board	13	95	1235	1	3	1	1	1	1	1	3	1
ETG	2 x GE Interface Board	8	140	1120	1	2	1	0	1	1	0	2	0
BIE1	8-channel Switching and Bridging Board	9	150	1350	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>SUBTOTAL CONNECTION BOARDS</b>				<b>3705</b>									
<b>MATERIALES DE INSTALACION</b>													
Instalación de cable													
8E1-75Ω	Truck cable 30m 75Ω	120	134.64	8078.40	12	16	12	8	12	12	8	16	8
SMB-75Ω	Truck cable 115m clock/Lighting 75Ω	72	16.83	1211.76	8	8	8	8	8	8	8	8	8
FO	Patch cord single mode 2m, 30m	127	14.85	1885.95	12	19	13	13	12	11	16	16	15
Adaptador	Fixed Optical Atenuador1310/1550 -5dB	66	26.95	1778.7	6	10	7	7	6	6	8	8	8
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>12954.81</b>									
<b>TOTAL</b>				<b>411674.81</b>									

Tabla 4.11 Costos referenciales ZXMP

### 4.3.3 ANÁLISIS DE COSTOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

Una vez que se ha estudiado los equipos de los fabricantes Huawei y ZTE, sus características, arquitecturas, configuraciones, gama de tarjetas, funcionalidad y sus costos respectivos, se debe analizar cuál es la mejor opción dependiendo de las necesidades que tiene la red entre las ciudades de Santo Domingo y Esmeraldas.

Con referencia a los costos se puede observar que no se tiene mucha diferencia entre ambos proveedores, lo que nos indica que sea con uno o con otro proveedor se invertirá un costo alto pero que será prácticamente el mismo. Además los costos nos indican que la selección del proveedor recaerá en las características técnicas de cada uno de los equipos analizados.

El equipo ZXMP S385 de la marca ZTE provee una gran cantidad de interfaces ópticas y eléctricas donde se pueden configurar varios servicios a diferentes niveles como por ejemplo STM-N y Ethernet. Además brinda sistemas de protección de servicios para varias topologías. Como se mencionó anteriormente es compatible con el resto de proveedores que existe en el mercado. La gama de tarjetas que presenta el equipo es amplia y en ella, se puede encontrar una tarjeta para cada uno de los servicios que se presta.

El equipo OptiX OSN 3500 de la marca Huawei, al igual que el equipo ZXMP S385, provee una gran cantidad de interfaces ópticas y eléctricas donde se pueden configurar varios servicios a diferentes niveles como por ejemplo STM-N y Ethernet. Brinda sistemas de protección de servicios para varias topologías. Como se mencionó anteriormente es compatible con el mercado, como se puede observar tiene una amplia gama de tarjetas que pueden ser usados en sus diferentes modelos y no solo en uno específico.

Tomando en cuenta las características técnicas y los costos referenciales se adopta la marca Huawei para el rediseño de la red, además de lo antes analizado elegir la marca Huawei provocará una unificación del proveedor lo que mejorará la gestión de los elementos de red.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

El despliegue de NGSDH ha alcanzado un gran desarrollo y ha ganado una aceptación significativa en aplicaciones de red de transporte. La mayoría de los elementos de la red SDH han soportado las mejoras de la próxima generación de reconocimiento de datos, como el Procedimiento de Entramado Genérico (GFP), la Concatenación Virtual (VCAT) y el Esquema de Ajuste de Capacidad de Enlace (LCAS).

Una ventaja de NGSDH es que permite a los operadores de red introducir nuevas tecnologías en sus redes tradicionales SDH mediante la sustitución de los elementos de red de borde. Con esta capacidad, tanto en TDM y como en servicios orientados a paquetes se manejan de manera eficiente, para la misma longitud de onda.

La flexibilidad de NGSDH permite a los operadores de red construir una red híbrida usando TDM y plataformas de aprovisionamiento multi-servicio de paquetes o proporcionar un sólo flujo de bits de transmisión subyacente.

El sistema de gestión T2000 OptiX iManager propuesto es un sistema que gestiona a toda la red, independientemente de los equipos que se utilice, siempre y cuando estos equipos sean del mismo proveedor, además tiene una interfaz gráfica amigable con el usuario que facilita su uso para el mantenimiento, operación de las redes.

El sistema de gestión OTNM2000 que originalmente gestionaba la red presenta una interfaz gráfica que no es muy amigable con el operador, por lo que complica la organización en la gestión de los equipos de la red.

Cada uno de los equipos que están dentro de la red puede ser gestionado tanto de forma local como remota.

La mezcla de tecnologías, así como de proveedores de la misma, podría causar un limitante en la provisión de servicios, tanto a nivel SDH, como IP, por lo tanto el cambio a un solo proveedor en este proyecto será de gran ayuda para la infraestructura que tiene implementada la CNT EP.

La capacidad de la red entre Santo Domingo y Esmeraldas era de un STM-16 por lo que se encontraba saturada. Se hace necesaria la implementación de este proyecto, con la proyección de ampliar la capacidad de la red a un STM-64.

La migración de servicios se realizará de forma paulatina, empezando con las estaciones y servicios más importantes, con el fin de no perder la confiabilidad de la red, hasta terminar la migración total de todos los servicios.

Todos los proveedores de equipos presentan buenas características en sus equipos, pero se debe elegir la mejor opción con el fin de administrar, operar, gestionar una red con la mayor confiabilidad posible.

Las empresas del estado como CNT EP, con el gran desarrollo que han tenido en los últimos años, deben seguir actualizándose con las nuevas y futuras tecnologías con el fin de brindar un mejor servicio al país.

Los costos de los equipos analizados son comparables entre sí, ya que no existe mucha diferencia, por lo que para decidir un equipo en particular se tomarán en cuenta las características técnicas y de funcionamiento.

El proveedor ZTE tiene características de funcionamiento óptimas para su implementación en la red pero tiene algunas falencias como por ejemplo la gama de

tarjetas, comparándolo con el otro proveedor tiene una menor cantidad de tarjetas que pueden ser utilizadas.

Finalmente se eligió al proveedor HUAWEI por dos principales razones que son la facilidad de interconectar el segmento de red estudiado con las demás redes puesto que todas las demás redes usan este proveedor, y la segunda razón es el precio que es ligeramente menor que el del otro proveedor.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Es recomendable tener una red con un mismo proveedor, por la facilidad de manejar un solo servidor, donde se tiene toda la información de la red y además se tiene una confiabilidad mayor. Como en el caso de CNT EP que se dañaron los equipos Fiberhome, lo cual provocó una gran falla en la red, en estos momentos se están migrando los servicios a la red rediseñada con equipos Huawei, con la que se administran la mayoría de redes en la RTFO.

Si se opta por tener varios proveedores es importante que estén claramente diferenciados en sus características, como por ejemplo se puede usar un proveedor para trabajar con cierta tecnología o en un cierto sector, pero no mezclar como fue el caso de este segmento de red que se encontraba aislado del resto de redes.

Para este proyecto se recomienda los equipos de la marca Huawei debido a que prestan mejores características técnicas, tienen una amplia gama de tarjetas que pueden ser usados en sus diferentes modelos y no solo en uno específico. Además en la red rediseñada provocaría una unificación del proveedor lo que mejorará la gestión de los elementos de red.

Se recomienda hacer mantenimientos preventivos tanto en las estaciones como en la planta externa cada cierto tiempo con la finalidad de evitar fallas en el sistema, dentro de las estaciones monitorear los ADM de forma constante y así mantener una confiabilidad muy alta.

El sistema de gestión utilizado en la red debe ser un sistema de gestión remoto y centralizado, apropiado para la administración, configuración, operación y mantenimiento de los equipos que se utilizarán en el proyecto y a futuro.

Seguir realizando proyectos de expansión y evolucionar hacia las nuevas tecnologías tendrá una connotación operativa y social, ya que se podrá ofrecer más y mejores servicios a nivel nacional.

La capacitación continua al personal técnico de la RFTO debe ser muy importante para mantenerse a un nivel de competitividad alto y mantenerse a la vanguardia en la prestación de servicios a nivel nacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. Next-Generation SONET/SDH Reference Guide. Quebec City, Canada, 2004.
  
- [2] PURSE, Christopher. Next Generation SDH Systems. Purse Systems Consultancy Limited, Chelmsford, Essex.
  
- [3] WERNER, Habisreitinger. Next Generation SONET/SDH Technologies. JDSU, 2007.
  
- [4] AGILENT Technologies. Next Generation SONET/SDH devices, USA, 2002.
  
- [5] METAC Telecommunications. Next-Generation SDH “The Next Big Thing”, Elektron, Mayo 2005.
  
- [6] KAUFMANN, Andreas, Next Generation SONET/SDH, ACTERNA, Octubre 2003.
  
- [7] HACKBARTH K D, Arquitectura de Redes Proprietarios, Universidad de Cantabria, 2010.
  
- [8] HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. Principios de SDH, 2006
  
- [9] HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. Redes y Protecciones SDH, 2006
  
- [10] CNT EP, Evolución de la Red Troncal de Fibra Óptica, Diciembre 2010
  
- [11] CNT EP, Información General de la Red Troncal de Fibra Optica, Diciembre 2010

- [12] FIBERHOME, e-Fim OTNM2000 Element Management System Installation Manual, Junio 2010
- [13] FIBERHOME, e-FIM OTNM2000 Optical Transmission Sub-network Management System, Marzo 2011
- [14] CNT EP, Tabla de Atenuaciones Generales, 2012
- [15] HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX OSN 3500/2500/1500 Intelligent Optical Transmission System, Mayo 2006
- [16] HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD, OptiX OSN 1500/2500/3500/7500 Hardware Description, 2006
- [17] HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX iManager T2000 OM Introduction to T2000
- [18] HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. OptiX iManager T2000 OM Configure SDH Service
- [19] ZTE CORPORATION, ZXMP S385 SDH-Based Multi-Service Node equipment, 2013

## TERMINOLOGÍA

### A

AAL	ATM Adaptation Layers (Capas de Adaptación ATM)
ACSE	Association Control Service Element (Elemento de Servicio de Control de Asociación)
ADM	Add/Drop Multiplexor (Multiplexor Add/Drop)
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica)
ADSS	All Dielectric Self-Supported (Totalmente Dielectrico Auto-Soportado)
AIS	Alarm Indication Signal (Señal de Indicación de Alarma)
ANSI	American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares)
APS	Automatic Protection Switching (Conmutación de Protección Automática)
ASON	Automatically Switched Optical Network (Red Óptica Conmutada Automáticamente)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)
AU	Administrative Unit (Unidad Administrativa)
AUG	Administrative Unit Group (Grupo de Unidad Administrativa)

### B

BML	Business Management Layer (Capa de Gestión De Negocios)
BoD	Bandwidth on Demand (Ancho de Banda por Demanda)

### C

CDF	Client Data Frame (Trama de Datos de Cliente)
cHEC	Core HEC (HEC principal)
CID	Channel Identifier (Identificador de Canal)
CMF	Client Management Frame (Trama de Administration de Cliente)

CMISE	Common Management Information Service Element (Elemento de Servicio de Información de Gestión Común)
CTR	Committed Transmission Rate (Tasa de Transmision Comprometida)

## D

DCF	Data Communication Function (Funcion de Comunicación de Datos)
DCN	Data Communication Network (Red de Comunicación de Datos)
DDN	Digital Data Network (Red Digital de Datos)
DNI	Dual Node Interconnection (Interconexión de Nodo Dual)
DS	Digital Signal (Señal Digital)
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por División de Longitudes de Onda Densas)
DxC	Digital Cross-Connects (Transconector Digital)

## E

eHEC	Extension HEC
EMS	Element Management System (Sistema de Administración de Elemento)
ESCON	Enterprise Systems Connection
EPL	Ethernet Private Line (Línea Privada Ethernet)
EPLAN	Ethernet Private LAN (LAN Privada Ethernet)
EVPL	Ethernet Virtual Private Line (Línea Privada Virtual Ethernet)
EVPLAN	Ethernet Virutal Private LAN (LAN Privada Virtual Ethernet)
EXI	Extension Header Identifier (Identificador de Cabecera de Extensión)

## F

FCS	Frame Check Sequence (Secuencia de Verificación de Trama)
FDDI	Fiber Distributed Data Interface (Interfaz de Datos Distribuida por Fibra)
FERF	Remote End Reception Failure (Falla de Recepción en el Extremo Remoto)
FICON	Fibre Connection (Conexión de Fibra)

FTAM File Transfer, Access and Management (Archivo de Transferencia, Acceso y Gestión)

### G

GFP Generic Framing Procedure (Procedimiento de Enramado Genérico)

GFP-F Frame-Mapped GFP (Mapeo de Trama GFP)

GFP-T Transparent-Mapped GFP (Mapero de Transparencia GFP)

GPON Gigabit-capable Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit)

GUI Graphical User Interface (Interfaz Gráfica de Usuario)

### H

HDLC High-Level Data Link Control (Control de Enlace de Datos de Alto Nivel)

HEC Header Error Correction (Corrector de Errores de Encabezado)

HO-POH High-Order Path Overhead (Encabezado de Trayecto de Orden Superior)

HO-PTE High-Order Path Terminating Equipment (Equipo Terminal de Trayecto de Orden Superior)

### I

IETF Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet)

IP Internet Protocol (Protocolo de Internet)

IPX Internetwork Packet Exchange (Intercambio de Paquetes Interred)

ITU International Telecommunication Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

### L

LAN Local Area Network (Red de Área Local)

LCAS Link Capacity Adjustment Scheme (Esquema de Ajuste de la Capacidad del Enlace)

LOF	Loss of Frame (Perdida de Trama)
LOP	Loss of Pointer (Perdida de Puntero)
LO-POH	Low-Order Path Overhead (Encabezado de Trayecto de Orden Inferior)
LO-PTE	Low-Order Path Terminating Equipment (Equipo Terminal de Trayecto de Orden Inferior)
LOS	Loss of Signal (Perdida de Señal)
LSNP	Logic SubNetwork Protection (Protección de la Subred Lógica)
LST	Link State Transfer (Traspaso de Estado de Enlace)

### M

MD	Mediation Device (Dispositivo de mediación)
MF	Mediation Function (Función de Mediación)
MF1	Multi-Frame Indicator (Indicador Multi-Trama)
MO	Management Object (Objeto Gestionado)
MIB	Management Information Base (Base de Información de Gestión)
MPLS	Multi-Protocol Label Switching (Conmutación basada en Etiquetas Multi-Protocolo)
MS	Multiplex Section (Sección de Multiplexación)
MS-AIS	
MSOH	Multiplex Section Overhead (Encabezado de Sección de Multiplexación)
MSP	Multiplex Section Protection (Protección de la Sección de Multiplexación)
MSPP	MultiService Provisioning Platform (Plataformas de Aprovisionamiento Multi-Servicio)
MSTE	Multiplex Section Terminating Equipment (Equipo Terminal de Sección de Multiplexación)

### N

NE	Network Element (Elemento de Red)
NEF	Network Element Function (Función de Elemento de Red)
NEL	Network Element Layer (Capa de Elementos de Red)

NEML	Network Element Management Layer (Capa de Gestión de Elementos de Red)
NGSDH	Next Generation Synchronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Sincrónica de Nueva Generación)
NML	Network Management Layer (Capa de Gestión de Red)
NMS	Network Management System (Sistema de Administración de Red)
NOC	Network Operations Center (Centro de Operaciones de Red)

**O**

OC	Optical Carrier (Portadora Óptica)
OFNMS	Optic Fiber Network Management System (Sistema de Administración de Red de Fibra Óptica)
OOF	Out of Frame (Fuera de Trama)
OS	Operation System (Sistema de operaciones)
OSF	Operations Systems Function (Función de Sistemas de Operaciones)
OSI	Open System Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos)
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer (Reflectómetro de Dominio de Tiempo Óptico)

**P**

PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesiócrona)
PDU	Packet Data Unit (Unidad de Datos de Paquetes)
PFI	Payload FCS Indicator (Indicador de FCS de Carga Útil)
PLI	Payload Length Indicator (Indicador de Longitud de Carga Útil)
POH	Path Overhead (Encabezado de Trayecto)
POS	Packet on SDH (Paquetes sobre SDH)
PPP	Point-to-point Protocol (Protocolo punto a punto)
PTI	Payload Type Identifier (Identificador del Tipo de Carga Útil)

**Q**

QA	Q Adaptor (Adaptador Q)
----	-------------------------

QAF Q Adaptor Function (Función de Adaptador Q)

QoS Quality of Service (Calidad de Servicio)

## R

RAI Remote Alarm Indication (Indicación de Alarma Remota)

RDI Remote Defect Indications (Indicacion de Defecto Remoto)

RFC Request for Comments (Petición De Comentarios)

ROSE Remote Operation Service Element (Elemento de Servicio de Operación Remota)

RPR Resilient Packet Ring (Anillos de Paquetes Resistentes)

RS Regeneration Section (Seccion de Regeneracion)

RSOH Regeneration Section Overhead (Encabezado de Sección de Regeneración)

RSTE Regeneration Section Terminating Equipment (Equipo Terminal de Sección de Regeneración)

RTFO Red Troncal de Fibra Óptica

## S

SAN Storage Area Network (Red de Área de Almacenamiento)

SDH Synchronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Sincrónica)

SHR Self-Healing Ring (Anillo de Auto-Recuperación)

SMASE Systems Management Application Service Element (Elemento de Servicio de Aplicación de Gestión de Sistemas)

SML Service Management Layer (Capa de Gestión de Servicios)

SNA Systems Network Architecture (Arquitectura de Red de Sistemas)

SNCP Subnetwork Connection Protection (Protección de Conexión de la Subred)

SNMP Simple Network Management Protocol (Protocolo Simple de Administración de Red)

SNMS SubNetwork Management System (Sistema de Administración de Subred)

SOH	Section Overhead (Encabezado de Sección)
SONET	Synchronous Optical NETWORKing (Red Óptica Sincrónica)
SPE	Synchronous Payload Envelope (Envolvente de la Carga Útil Síncrona)
SPX	Sequenced Packet Exchange (Intercambio de Paquetes Secuenciados)
SQ	Sequence Indicator (Indicador de Secuencia)
STM	Synchronuos Transport Module (Modulo de Transporte Sincrónica)
STE	Section Terminating Equipment (Equipo Terminal de Sección)
STS	Synchronous Transport Signal (Señal de Transporte Sincrónica)

### T

TCP	Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión)
TDM	Time Division Multiplexing (Multiplexación por División de Tiempo)
tHEC	Type HEC (Tipo de HEC)
TMN	Telecommunications Management Network (Redes de Administración de Telecomunicaciones)
TPS	Tributaries Protection Switching (Conmutación de Protección de Tributarios)
TU	Tributary Unit (Unidad Tributaria)
TUG	Tributary Unit Group (Grupo de Unidad Tributaria)

### U

UPI	User Payload Identifier (Identificador de Carga Útil de usuario)
-----	--

### V

VC	Virtual Container (Contenedor Virtual)
VCAT	Virtual Concatenation (Concatenación Virtual)
VCG	Virtual Concatenation Group (Grupo de Concatenación Virtual)
VLAN	Virtual LAN (LAN Virtual)
VOD	Video on Demand (Video bajo Demanda)
VPN	Virtual Private Network (Redes Privadas Virtuales)

### W

WAN	Wide Area Network (Red de Área Amplia)
WS	Workstation (Estación de trabajo)
WSF	Workstation Function (Función de Estación de Trabajo)

# ANEXOS

**ANEXO 1**

**CARACTERÍSTICAS EQUIPO HUAWEI**  
**OPTIX OSN 3500**

**ANEXO 2**  
**CARACTERÍSTICAS EQUIPO ZTE ZXMP**  
**S385**