



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE REDES SDH ENTRE LAS CIUDADES DE
LOJA Y GUAYAQUIL DE 5 STM-1 Y UNA METRO ETHERNET CON
TECNOLOGIA TDMoIP PARA BRINDAR 25 E1 EN LA CIUDAD DE LOJA

TESINA DE SEMINARIO

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

PRESENTADO POR:

José Arturo León Molina

Edinson Javier Márquez Cabrera

GUAYAQUIL – ECUADOR

2011

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por haberme dado la educación que tuve, a mi esposa por el apoyo incondicional y a mi hermana por estar siempre a mi lado en condiciones adversas.

Arturo León Molina.

Agradezco a mi madre por siempre haberse situado por encima de las adversidades y demostrarme que el esfuerzo recto dignifica al ser humano.

A mi esposa e hijos últimos protagonistas y promotores de este logro.

Edinson Márquez C.

DEDICATORIA

A La personas que siempre creyeron en mí y
me dieron todo su apoyo.

Arturo León Molina.

A los formadores de mi vida, en las distintas
etapas al momento recorridas.

Edinson Márquez C.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Héctor Fiallos

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN

Ing. Boris Ramos

PROFESOR DELEGADO DEL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL).

José Arturo León Molina

Edinson Javier Márquez Cabrera

RESUMEN

En el capítulo 1, se expone el respaldo teórico que avala la solución del problema, entre otras cosas mencionaremos la teoría relacionada a Ethernet que haga comprensible el manejo de los paquetes de fuentes de servicios TDM a través de esta red de característica asíncrona

En el capítulo 2, se describe el problema analizado en este proyecto de graduación y se definirá el escenario sobre el cual se lo ejecuta, lo que dará como resultado el alcance y limitación del mismo, también se mostrará que alternativas existen para resolverlo.

El capítulo 3 trata el diseño de la solución al problema desarrollado en este proyecto y explicaremos la forma de interconexión de redes síncronas y asíncronas para que nos sirvan como plataforma para brindar los servicios por parte de un Portador en el mercado real.

La implementación del proyecto la trataremos en el capítulo 4, el cual es simulado en el laboratorio de telecomunicaciones de la facultad de ingeniería eléctrica y computación de la ESPOL. La simulación representa en pequeña escala lo que se puede conseguir en una red macro, aquí también expondremos los resultados de la pruebas de laboratorio, los costos de implementación de la red macro y se hará la descripción del hardware necesario.

ABREVIATURAS

Abreviaturas	Inglés	Español
ADM	Add/Drop multiplexer	Multiplexor de extracción-inserción
APS	Automatic Protection Switching	Protección de conmutación automática
BA	Booster Amplifier	Amplificador de Refuerzo
BFD	Bidirectional Forwarding Detection	Detección de envío bidireccional
BGP	Border Gateway Protocol	Protocolo de puerta de borde
BPA	Booster Pre Amplifier	Pre Amplificador de Refuerzo
ePIPE	Ethernet Pipe	Tubería Ethernet
Gbps	Giga Bits per second	Gigabits por Segundo
GFP	Generic Framing Procedure	Procedimiento Genérico de trama
IP	Internet Protocol	Protocolo de Internet
IP-RAN	IP Radio Access Network	Redes de Acceso por Radios basados en IP
ITU	International Telecommunication Union	Unión Internacional de Telecomunicaciones
LAG	Link Aggregation	Agregación de Enlaces
LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme	Esquema de Ajuste de Capacidad del Enlace
LDP	Label Distribution Protocol	Protocolo de distribución de etiquetas
MAC	Media Access Control	Control de acceso al medio
Mbps	Mega Bits Per Second	Megabits por segundo
MMR	Meet me room	Cuarto de Conexiones
MP-BGP	Multi Protocol BGP	Multi protocolo BGP
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Conmutación Multiprotocolo mediante Etiqueta
MSP	Multiplexer Switching Protection	Protección de Sección de Multiplexación
NAP	Network Access Point	Punto de Acceso a Redes
OSPF	Open Short Path First	Primero la ruta libre mas corta
PBX	Private Branch Exchange	Central Secundaria Privada

PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Plesiócrona
PLC	Packet Loss Concealment	Enmascaramiento de Perdida de Paquetes
PSN	Packet Switch Network	Red Conmutada de Paquetes
RF	Radio Frequency	Frecuencia de Radios
RPR	Resilient Packet Ring	Anillo de paquete resistente
RSVP	Resource Reservation Protocol	Protocolo de Reserva de Recursos
RX	Receive	Recepción
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Sincrónica
SLA	Service Level Agreement	Acuerdo de Nivel de Servicio
STM	Synchronous Transport Module	Módulo de Transporte Síncrono
TDM	Time Division Multiplexing	Multiplexación por división de tiempo
TDMoIP	Time division multiplexing over IP	Multiplexación por división de tiempo sobre el protocolo IP
T-LDP	Targeted Label Distribution Protocol	Protocolo de distribución de etiquetas dirigidas
TX	Transmit	Transmisión
VC	Virtual Container	Contenedor Virtual
VCAT	Virtual Concatenation	Concatenación Virtual
VLL	Virtual Leased Line	Línea Dedicada Virtual
VRF	Virtual Routing and Forwarding	Enrutamiento y reenvío Virtual

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	III
DECLARACIÓN EXPRESA	IV
RESUMEN	V
ABREVIATURAS	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPITULO 1.....	1
1 Tecnologías Síncrona y Asíncrona.....	1
1.1 SDH.....	1
1.1.1 Sincronización en redes SDH	4
1.1.2 Métodos de Protección.....	5
1.1.3 Protección de Anillos.....	6
1.2 Metro Ethernet	7
1.3 TDMoIP	9
1.3.1 TDMoIP Circuit Emulation (CE).....	10
1.3.2 TDMoIP Compressed Voice (CV).....	11
1.3.3 Sincronización en redes TDMoIP	12
1.3.4 Pérdida de Paquetes.....	13
CAPITULO 2.....	14
2 Descripción General del Proyecto	14
2.1 Enunciado del Problema.....	14
2.1.1 Alcance del Proyecto.....	16
2.1.2 Limitaciones del Proyecto	16

2.2	Análisis de Soluciones Existentes en el Mercado	18
2.2.1	Interconexión de Redes Metro	18
2.2.2	Prestación de Servicios TDM	19
CAPITULO 3	25
3	Diseño del Proyecto	25
3.1	Interconexión de Redes Metro Ethernet	26
3.1.1	Diseño macro de la solución	27
3.1.2	Presupuesto de enlace	35
3.1.3	Selección de módulos ópticos	44
3.1.4	Uso del Booster Amplifier	47
3.2	Descripción de la red Metro Ethernet	48
3.2.1	Planeamiento IP de la red IP/MPLS.....	52
3.2.2	Protocolos implementados en la red Metro Ethernet	55
3.3	Diseño del servicio de 5 STM-1.	56
3.3.1	Presupuesto de enlace de las últimas millas	58
3.3.2	Selección de módulos ópticos	63
3.3.3	Presupuesto de enlace de las últimas millas	65
CAPITULO 4	68
4	Costos	68
4.1	Retorno de inversión	71
CAPITULO 5	73
5	Simulación de redes SDH, Metro Ethernet y TDMoIP.....	73
5.1	Procedimiento de Configuración de Servicios SDH con el gestor T2000.....	73
5.2	Simulación laboratorio de RED TDMoIP.	87
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Trama STM-1	2
Figura 1.2 Anidamiento Contenedores Virtuales.....	3
Figura 1.3 Formato general de los paquetes TDMoIP.....	10
Figura 3.1 Esquema actual de la red IP/MPLS desplegada en Guayaquil.....	25
Figura 3.2 Esquema actual de la red IP/MPLA desplegada en Loja.	26
Figura 3.3 Esquema simplificado de la conexión SDH Loja - Guayaquil.....	27
Figura 3.4 Distancias localidades tramo Costa Sur.	28
Figura 3.5 Distancias localidades tramo Sierra Centro.....	29
Figura 3.6 Resumen de sitios escogidos.....	30
Figura 3.7 Trayecto tramo GYE - Naranjal.	31
Figura 3.8 Trayecto tramo Naranjal - Machala.	31
Figura 3.9 Trayecto tramo Machala - Buena Vista.....	32
Figura 3.10 Trayecto tramo Buena Vista - Loja.....	32
Figura 3.11 Trayecto tramo Loja - Ona.....	33
Figura 3.12 Trayecto tramo Ona - Cuenca.....	33
Figura 3.13 Trayecto tramo Cuenca - Suscal.	34
Figura 3.14 Trayecto tramo Suscal - Milagro.....	34
Figura 3.15 Trayecto tramo Milagro - GYE.	35
Figura 3.16 Ubicación del BA2 y BPA en la red.....	48
Figura 3.17 Equipo Alcatel-Lucent 7750 SR-12.....	49
Figura 3.18 Equipo Alcatel-Lucent 7750 SR-c12.	50
Figura 3.19 Red integrada SDH-IP/MPLS Loja – Guayaquil.	50
Figura 3.20 Configuración multichassis entre equipos 7750 SR-12.	51
Figura 3.21 Esquema del servicio de 5 STM1.	57
Figura 3.22 Recorrido de últimas millas para el servicio de 5 STM1 en GYE.....	59
Figura 3.23 Recorrido de últimas millas para el servicio de 5 STM1 en Loja.....	59
Figura 3.24 Esquema del servicio TDMoIP.	65
Figura 3.25 Recorrido de última milla para el servicio TDMoIP en Loja.....	66
Figura 5.1 Creación de NE.....	75
Figura 5.2 Ingreso de Información de los Elementos de Red.	76
Figura 5.3 Elementos de Red creados.	77
Figura 5.4 Manual Configuration.	77
Figura 5.5 Subrack Type B.....	78
Figura 5.6 Verificación de tarjetas activas.....	79
Figura 5.7 Verificación de la configuración.	79
Figura 5.8 Configuración de las conexiones.	80
Figura 5.9 Conexiones Terminadas.	81
Figura 5.10 Selección de Protection view.....	81

Figura 5.11 PP Uniform Route.	82
Figura 5.12 Información de Configuración.	83
Figura 5.13 Pantalla de Protecciones.	83
Figura 5.14 Selección de tarjeta PQ1.	84
Figura 5.15 Selección de Fuente de sincronismo.	84
Figura 5.16 Fuentes escogidas.	85
Figura 5.17 SSM Protocol.	85
Figura 5.18 G.811.	86
Figura 5.19 Configuración Prioridad Clock.	86
Figura 5.20 Menú Principal.	87
Figura 5.21 Menú Configuration.	88
Figura 5.22 System.	89
Figura 5.23 Host IP.	89
Figura 5.24 Fecha y Hora.	90
Figura 5.25 Physical layer.	90
Figura 5.26 TDM.	91
Figura 5.27 Line type.	92
Figura 5.28 Configuración de Puerto Ethernet.	93
Figura 5.29 Connection mode.	93
Figura 5.30 Bundle Connection.	94

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Resumen de cálculos ópticos para el anillo SDH GYE-Loja.	45
Tabla 3.2 Parámetros de desempeño de los módulos ópticos.	45
Tabla 3.3 Parámetros técnicos de la BA2 y BPA.	46
Tabla 3.4 Selección de módulos ópticos por segmento.	47
Tabla 3.5 Modelo de equipo IP/MPLS instalado en la ciudad de Guayaquil.	49
Tabla 3.6 Modelo de equipo IP/MPLS instalado en la ciudad de Loja.	49
Tabla 3.7 Backhaul IP nacional.....	53
Tabla 3.8 IP de sistema de los equipos en GYE.	54
Tabla 3.9 IP de sistema de los equipos en Loja.....	54
Tabla 3.10 Asignación IP de las conexiones físicas de los equipos en GYE.	55
Tabla 3.11 Asignación IP de las conexiones físicas de los equipos en Loja.	55
Tabla 3.12 Resumen de cálculos ópticos de últimas millas.	63
Tabla 3.13 Parámetros de desempeño de los módulos ópticos.	64
Tabla 3.14 Selección de módulos ópticos por segmento.	64
Tabla 3.15 Resumen de cálculos ópticos de últimas millas.	67
Tabla 3.16 Selección de módulos ópticos por segmento.	67
Tabla 4.1 Costos alquiler sitios.	68
Tabla 4.2 Costos Implementación Nodos Principales.	69
Tabla 4.3 Costos Implementación Nodos Secundarios.	69
Tabla 4.4 Costos Servidor de Gestión T2000.	70
Tabla 4.5 Costos Instalación de Fibra Anillo Guayaquil – Loja.....	70
Tabla 4.6 Costo Total Implementación Red SDH.	71
Tabla 4.7 Retorno de inversión.....	72

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de los servicios multimedia y la necesidad de estar continuamente conectados a las diferentes fuentes de información cada vez con mayor velocidad y disponibilidad, hacen que las tecnologías de comunicación evolucionen rápidamente, ya sean en conexiones urbanas e interurbanas. En esta evolución nos encontramos con tecnologías como Metro Ethernet y SDH que a pesar de ser de naturalezas diferentes son complementarias.

La implementación de estas modernas redes no puede dejar a un lado la prestación de servicios tradicionales, los mismos que deben ser transportados sobre las redes actuales de forma transparente

El esfuerzo económico al que se enfrentan los portadores por la mejora y actualización de los servicios que prestan en su red, no siempre va de la mano con la visión de cambio o el presupuesto de las compañías, que son las encargadas de consumir estos servicios, por lo que estas tecnologías deben estar en la capacidad de poder transportar servicios tradicionales, tal es el caso de los servicios TDM.

En este proyecto de tesis se realizará el análisis técnico y se expondrá los costos de implementación de un servicio TDM puro sobre una red de fibra óptica oscura versus un servicio TDM sobre una red IP (Metro Ethernet).

El servicio debe ser creado entre las ciudades de Loja y Guayaquil mediante el uso de tecnología SDH, se tendrá salida internacional hacia el NAP de las Américas por Punta Carnero a través de un cable de fibra óptica submarino.

Uno de los objetivos es brindar conectividad a dos redes Metro Ethernet ubicadas una en Loja y otra en GYE mediante el uso de tecnología SDH. Así también, Diseñar la red SDH con topología en anillo y puertos agregados STM-16 y crear servicios sobre puertos tributarios con capacidad de 5 STM-1, entregados en formato Gigabit Ethernet y canales E1.

Se implementa servicios sobre la red Metro Ethernet mediante el uso de la tecnología TDMoIP. Se crea un circuito de 25 E1s entre un cliente en la ciudad de Loja y el NAP de las Américas.

El método aplicado para satisfacer los objetivos planteados es hacer uso de las herramientas aprendidas durante el seminario de graduación, que involucran conceptos de teoría SDH, Metro Ethernet, TDMoIP y cálculos de presupuesto de enlace para los medios ópticos empleados en brindar conectividad.

CAPITULO 1

1 Tecnologías Síncrona y Asíncrona.

Tecnología Síncrona

Es llamada tecnología síncrona aquella que se utiliza para que dos o más dispositivos estén alineados en el tiempo.

Tecnología Asíncrona

Es aquella tecnología en la cual los dos o más dispositivos que se encuentran en grupo no necesitan de alineación en el tiempo.

1.1 SDH

Es una tecnología que se basa en técnicas TDM permitiendo combinar varias señales digitales en una señal de velocidad superior, estas señales digitales son denominadas jerarquías.

En esta tecnología SDH se definen interfaces denominadas Módulos de Transporte Síncrono o STM-N; dichas interfaces van en orden jerárquico desde una señal de 155 Mbps o STM-1 siguiendo las demás señales con múltiplos de 155 en una secuencia de $nx4$,

así tenemos los valores de STM-4 (622 Mbps), STM-16 (2,5 Gbps), STM-64 (10 Gbps) y STM-256 (40 Gbps).

Una trama STM-1 consta de 270 columnas (bytes) y 9 filas; las primeras 9 columnas de esta estructura corresponden a la cabecera de sección y las restantes 261 son el payload (Figura 1.1).

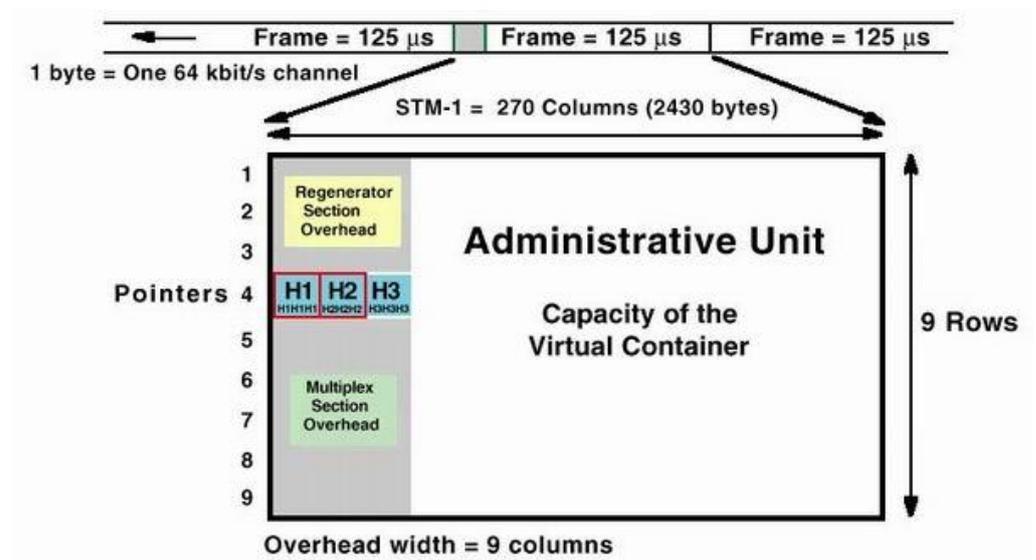


Figura 1.1 Trama STM-1

El elemento básico dentro de una señal SDH es llamado contenedor; cada contenedor con la información que lleva tiene además un tipo de control, esta información es generada en el nodo donde comienza la ruta y se termina en el último nodo de dicha ruta. El conjunto de un contenedor y una cabecera de ruta asociada se llama contenedor virtual; entre los contenedores virtuales

tenemos de diferentes tipos: Un VC-12 lleva un contenedor C-12 el cual contiene una señal PDH de 2 Mbps; un VC-3 porta un contenedor C-3 y el mismo contiene una señal PDH de 34 Mbps y un VC-4 lleva un contenedor C-4 con una señal PDH de 140 Mbps. Dichos contenedores virtuales puede llevar otros contenedores virtuales, por ejemplo un VC-4 es conformado por 63 VC-12's, este proceso se lo llama anidamiento (Figura 1.2).

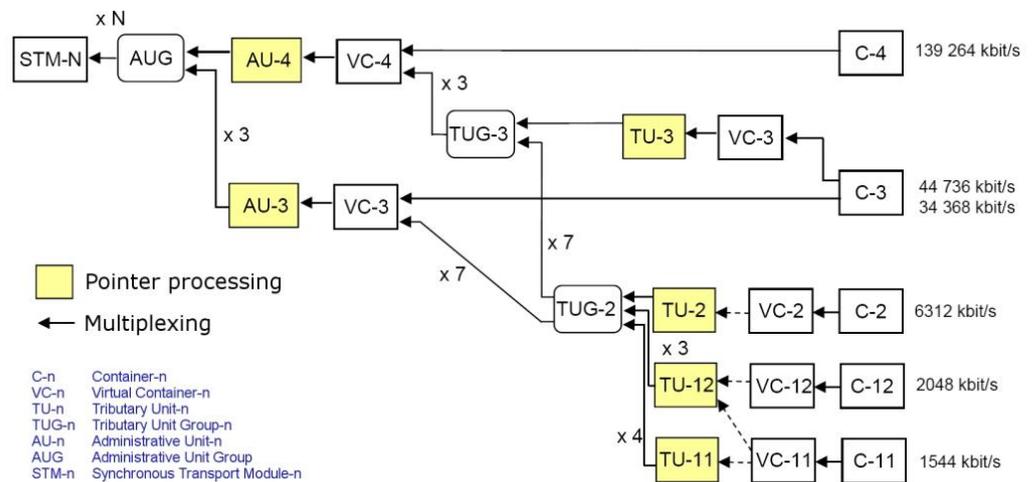


Figura 1.2 Anidamiento Contenedores Virtuales

Para garantizar la calidad de servicio en los sistemas SDH se han definido ciertos estándares:

GFP: Es capaz de adaptar servicios de datos sobre el payload de la trama SDH de una forma flexible y con poco overhead; conserva la información MAC por lo que soporta múltiples protocolos de capa 2.

VCAT: Concatenación Virtual, mecanismo utilizado para que la señal SDH ocupe varios contenedores virtuales no contiguos ajustados a su ancho de banda; se usa más eficientemente la red aprovechando la capacidad existente.

LCAS: Este mecanismo tiene la propiedad de añadir o quitar ancho de banda a un circuito VCAT sin alterar los datos que se transmiten en tiempo real.

RPR: Protocolo de capa 2 que se utiliza en anillos SDH para dar un servicio de transmisión de paquetes no orientados a conexión; usa técnicas de capa 2 para dar protección de tráfico en los anillos, la conmutación en caso de falla se da en un tiempo menor a 50 mseg.

1.1.1 Sincronización en redes SDH

Para que no haya fallas en la red SDH se debe de distribuir una señal de reloj de referencia primaria (ITU-T G.811), esta señal debe de tener un desvío de frecuencia máximo de $\pm 10^{-11}$ con respecto a la norma horaria mundial. La señal primaria se distribuye a los relojes esclavos a los sistemas SDH (ITU-T G.812); y además se tiene los propios relojes locales de los dispositivos SDH (ITU-T G.813)

Si una de las fuentes de reloj de la red SDH fallase el sistema conmuta a otra fuente que tenga una calidad igual o menor a la que utilizaba en el momento de la falla.

1.1.2 Métodos de Protección.

Existen varios métodos de protección que se utilizan actualmente en las redes SDH, a continuación se describen ciertos métodos.

APS (Automatic Protection Switching)

La forma más simple de mecanismo de protección es APS, en caso de que un elemento o un link de la red fallen, APS reserva un canal de protección con la misma capacidad del canal protegido.

La conmutación del canal tiene tiempos de recuperación de 50 mseg.

MSP (Multiplex Section Protection)

Esta protección se aplica a un link entre dos nodos adyacentes y tiene varias variantes entre las que podemos citar las siguientes:

Protección 1:1: Cada link es protegido por otro link, si algo falla en el link protegido el tráfico conmuta inmediatamente al link de protección; si no hay necesidad de tener protección se puede utilizar este link para enviar tráfico extra; en el modo revertive una vez que se recupera el link principal luego de un fallo el tráfico vuelve a pasar por dicho link.

Protección 1: N : En este esquema se tiene varios links protegidos por un solo link de backup.

Protección 1+1 MSP: se usan los links en forma simultánea, si el extremo de recepción detecta algún fallo en el link entonces realiza el proceso de conmutación hacia la protección.

1.1.3 Protección de Anillos

La protección de anillos se utiliza más habitualmente en equipos ADM con dos puertos agregados, se realiza sencillas decisiones de encaminamiento, existe un camino alternativo para protección; entre las técnicas más conocidas tenemos:

MS-SP Ring (Multiple Section – Shared Protection Ring):
Con este mecanismo de protección tipo anillo se emplea la

mitad de la capacidad en cada sentido del anillo (en orden de las manecillas del reloj y contrario a las manecillas del reloj), cuando dos nodos adyacentes detectan el falla el tráfico es devuelto en el otro sentido del anillo; el máximo número de nodos que soporta es de 16.

MS-DP Ring (Multiple Section – Dedicated Protection Ring):

Con este tipo de protección en una conexión bidireccional se emplea una ruta distinta siguiendo el sentido del anillo; el sentido contrario es el backup del link; como desventaja se tiene que se consume todo el ancho de banda disponible del anillo; así mismo como en el caso anterior el máximo número de nodos que soporta es de 16.

SNCP Ring (Subnetwork Connection Protection Ring):

Con este esquema cada conexión unidireccional del anillo emplea los dos caminos del anillo (es un 1+1); además como otra ventaja se tiene que no hay la limitación de los 16 nodos.

1.2 Metro Ethernet

Esta tecnología nació bajo la necesidad de hallar un mecanismo que simplifique los diseños de redes a un bajo costo, de instalación simple, compatible con varios medios (coaxial, par trenzado, fibra).

Los dispositivos que trabajan en Ethernet no hacen uso de un dispositivo de control, los dispositivos Ethernet se encuentran conectados entre sí mediante un canal de comunicaciones de señales compartidas, el acceso a este canal es determinado por la subcapa MAC, todo este proceso de control es conocido como CSMA/CS.

A menudo se utiliza MPLS a través de una red Ethernet, donde los paquetes Ethernet enviados por los dispositivos que se encuentran en el cliente son empaquetados en la red MPLS.

Con MPLS se puede ofrecer varios servicios a nivel de capa 2 y capa 3 entre ellos tenemos:

VLL (Virtual Leased Line) Donde se provee un servicio de capa 2 punto a punto

VPLS (Virtual Private Lan Service) Donde se provee de igual manera un servicio capa 2 pero esta vez la conectividad es multipunto-multipunto, donde se emula a toda la red Ethernet como un switch de capa 2.

VRF (Virtual Routing and Forwarding) Donde se provee múltiples instancias de tablas de enrutamiento que pueden coexistir en un mismo router al mismo tiempo; como cada tabla de enrutamiento es

independiente entonces puede ser usado el overlapping de direccionamiento IP entre diferentes instancias de VRF.

1.3 TDMoIP

TDM sobre IP implica la emulación de circuitos TDM sobre una infraestructura IP; fue desarrollado para afrontar las deficiencias de VoIP, por la falta de protocolos de señalización

Esta emulación de circuitos soporta circuitos virtuales que pueden funcionar con el equipamiento y los servicios TDM existentes sin hacer algún cambio en los protocolos de señalización o su funcionalidad.

TDMoIP opera segmentando, adaptando y encapsulando el tráfico TDM al ingreso de la PSN y realizando la operación inversa en el egreso de la PSN; la adaptación denota mecanismos que modifican el payload para habilitar su propia restauración en el egreso de la PSN.

El formato general de los paquetes TDMoIP es como se muestra en la figura 1.3

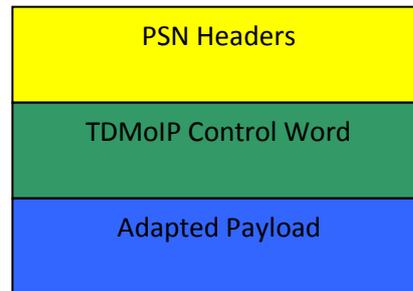


Figura 1.3 Formato general de los paquetes TDMoIP.

Los encabezados específicos PSN son los de UDP/IP, L2TPv3/IP, MPLS o Ethernet capa 2; estos encabezados contienen toda la información necesaria para realizar el forwarding de paquetes.

Dentro de las variantes en esta tecnología TDMoIP tenemos TDMoIP CE (Circuit Emulation) y TDMoIP CV (Compressed Voice).

1.3.1 TDMoIP Circuit Emulation (CE).

Es la mejor tecnología en entornos donde el ancho de banda, por ejemplo en las conexiones Fast y Giga Ethernet de los enlaces WAN de un campus. Para asegurarse que el circuito TDM esté libre de errores se requiere que la red transporte a un stream constante con paquetes en alta-prioridad obligando así a una estricta calidad de servicio (QoS).

El TDMoIP CE se utiliza a menudo cuando se requiere baja latencia, alta calidad de voz, video o datos sobre una red IP.

La sincronización del clock es mantenida haciendo posible extender circuitos TDM sincrónicos sobre una red Ethernet asincrónica.

1.3.2 TDMoIP Compressed Voice (CV)

A diferencia del anterior ésta tecnología es implementada donde el ancho de banda de la red es limitado realizando una compresión de voz (en bajada cerca de 4Kbps/canal). Por este motivo es ampliamente implementado en tecnologías wireless, cable MODEM, xDSL, o por la red Internet.

TDMoIP CV trabaja procesando el estándar PCM de la voz y señalizando los canales en paquetes que son enviados a la unidad de multiplexación, ésta unidad agrega un número de paquetes en un frame. Cuando el frame alcanza su máximo tamaño un encabezado TDMoIP es añadido en orden para completar la estructura del paquete TDMoIP.

Esta tecnología tiene más capacidad de adaptación a las pérdidas de paquetes ya que cada frame consiste de un contenido distribuido de múltiples canales, por lo cual el efecto en canales individuales es minimizado; luego los paquetes son enviados sobre la red IP/MPLS y en el sitio

destino los canales originales de voz y señalización son reconstruidos.

1.3.3 Sincronización en redes TDMoIP .

Las redes TDM nativas están basadas en la distribución jerárquica del timing. En un lugar de la red se tiene un reloj primario con una precisión de stratum1, este sirve de reloj de referencia para los nodos secundarios que tienen una precisión de stratum2, estos nodos secundarios a su vez sirven de referencia para los nodos con referencia stratum3; ésta jerarquía es esencial para un buen funcionamiento de la red.

Los paquetes en la red PSN llegan a su destino con un retraso que tiene un componente en la red, esto es conocido como Variación de Retardo de Paquetes (Packet Delay Variation PDV). Esto se puede arreglar mediante el uso de un buffer de datos que pueden ser leídos a una velocidad constante en el lado de los equipos TDM destinos ya cuando se entrega al usuario final.

Como alternativa se trata de recuperar el reloj basado exclusivamente en el tráfico TDMoIP, esta tecnología es denominada “adaptive clock recovery”. Esto es posible

cuando el dispositivo TDM origen produce un flujo de bits constante determinado por su reloj, mientras que el PDV oculta esta tasa hasta que llega al dispositivo TDM final.

1.3.4 Pérdida de Paquetes.

En las aplicaciones de voz la pérdida de paquetes causa errores que resultan en llamadas entrecortadas o que no se pueden entender; ya que los paquetes TDMoIP son pequeños es aceptable simplemente insertar un valor constante; suponiendo que la señal de entrada es de media cero una distorsión mínima se alcanza cuando esta constante se pone a cero.

Una alta calidad en las aplicaciones de voz se mantiene cuando se tiene un 5% o menos en pérdida de paquetes.

CAPITULO 2

2 Descripción General del Proyecto

El proyecto se desarrolla en su primera parte para cubrir la necesidad que se tiene de interconectar dos redes Metro Ethernet ubicadas una en la ciudad de Guayaquil y la otra en la ciudad de Loja por medio de una infraestructura de red SDH que hay que diseñar.

La otra mitad del problema propone brindar servicios TDM en la localidad de Loja para lo cual se tiene una red de fibra óptica oscura y la infraestructura de red Metro Ethernet, el desarrollo del proyecto finalmente dará como resultado en este punto la elección de la tecnología TDMoIP para ser implementada sobre la infraestructura de red IP existente. El destino de este tráfico TDM originado en Loja es llegar al NAP de las Américas para recibir los servicios de canales de voz internacionales.

2.1 Enunciado del Problema

Una empresa de portadores de servicios de Telecomunicaciones debe diseñar una red SDH con un uplink o interfaces agregadas

STM-16 con dos fibras ópticas, Tx y Rx, con protección tipo anillo. Los nodos SDH deberán tener como puntos principales las ciudades de Guayaquil y Loja. Se debe de proveer 5 STM-1 como servicio o puerto tributario entre ambas ciudades para una compañía de Telefonía Fija del país que transmitirá sus canales de voz con mayor rapidez para aumentar sus ganancias o profit. En cada una de estas ciudades existe dos tipos de de redes la una es una red Gigabit Ethernet y una red de una fibra óptica oscura. Se debe diseñar un circuito clear channel 25 E1 con tecnología TDM pura y con TDMoIP entre la ciudad de Loja hacia el NAP de las Américas hasta el Meet me Room o MMR, cuya salida internacional hacia un cable de fibra submarino es por Punta Carnero, para brindar servicio a un Call Center de la ciudad de Loja. Se debe analizar los costos de implementación de todos los circuitos con las recomendaciones respectivas que encuentre, así mismo cual solución sería más robusta TDM pura o TDMoIP dando un SLA 99,99% para el circuito 25 E1 Clear Channel soportada por la red SDH nacional del Ecuador implementada. Se debe utilizar todo el equipamiento necesario para el diseño. Al final del proyecto se debe especificar las conclusiones y observaciones al CEO de la compañía.

2.1.1 Alcance del Proyecto

El diseño del proyecto tendrá como resultado el poder brindar el servicio de 5 STM1, a la compañía telefónica que desea contratar los servicios del Portador entre las ciudades de Loja y Guayaquil, por medio de dos interfaces Giga Ethernet en cada localidad. Las dos interfaces serán usadas para brindar protección 1+1 a los 5 STM1 de capacidad contratada, para lo cual se tenderán dos últimas millas por cada ciudad hacia el cliente. Se entrega en interface Giga Ethernet debido a que el cliente de telefonía posee una red IP-RAN MPLS lista para brindar servicios de comunicación de cuarta generación.

Se proveerá el servicio de 25 E1 a un Call Center en Loja. Este circuito es creado desde esta localidad hacia el NAP de las Américas. Entre el nodo principal del Portador ubicado en Loja y el NAP de las Américas se usa una tecnología síncrona

2.1.2 Limitaciones del Proyecto

En la actualidad se cuenta con dos redes Metro Ethernet desplegadas en las ciudades de interés para este proyecto, dichas redes fueron instaladas tres años atrás por lo que el

capital invertido ya fue recuperado, la conexión de estas redes se lo efectuará por medio de tecnología SDH bajo los parámetros de capacidad y protección indicados en el enunciado del problema a tratar.

La forma de brindar el servicio TDM resultará del análisis realizado en este proyecto de graduación, teniendo como alternativas brindar TDM puro a través de una red de fibra óptica oscura o haciendo uso de la red Metro Ethernet ya desplegada en la ciudad de Loja, mediante el uso de la tecnología TDMoIP

El servicio de salida internacional del Portador hacia el NAP de las Américas fue anteriormente contratado y aún se cuenta con capacidad disponible para pasar los 25 E1 del Call Center de Loja, el servicio de salida internacional se lo recibe en la ciudad de Guayaquil por medio de dos últimas millas, con protección 1+1, instaladas hacia nuestra Central ubicada en Mapasingue. La empresa que nos brinda esta salida internacional tiene conexión a un cable submarino en Punta Carnero

La implementación hecha en el laboratorio de la FIEC es una muestra en pequeña escala de la interoperabilidad de las

redes en discusión pero no refleja el total escenario y posibilidades de una red real en producción

2.2 Análisis de Soluciones Existentes en el Mercado

Para la primera parte del desarrollo de nuestro problema analizaremos una única tecnología que será bajo la cual se hará el diseño de interconexión de redes a larga distancia.

Para respaldar el uso de esta tecnología mencionaremos que en el mercado ecuatoriano, existen dos de los más grandes proveedores de servicios los cuales son Conecel y Telconet, que interconectan sus redes MAN desplegadas en las distintas ciudades por medio de tecnología SDH.

Para la segunda parte del desarrollo de nuestro problema analizaremos dos tecnologías, TDM y TDMoIP y mencionaremos los beneficios de implementar cada una. También se tomará en consideración lo que ya está implementado en la red para tener un criterio de elección más completo.

2.2.1 Interconexión de Redes Metro

La tecnología con mayor presencia en el mundo y de la cual se derivan las mejoras hechas para las nuevas tecnologías ópticas, es la Jerarquía Digital Síncrona (SDH por sus siglas

en inglés), que ha normalizado a la actualidad una tasa máxima de transferencia de 40 Gbit/s es decir un STM-256, aunque la siguiente velocidad de 160 GB/s STM-1024 está disponible no se ha normalizado todavía, debido al alto coste de los transceptores de alta velocidad, al ser más baratos los multiplex de longitudes de onda a 10 y 40 Gbit/s.

La tecnología SDH nos permitirá conectar las dos redes Metro Ethernet desplegadas una en la ciudad de Loja y la otra en la ciudad de Guayaquil que aún están aisladas la una de la otra, la capacidad de los puertos agregados utilizados en esta red es de 1STM-16 esto es aproximadamente 2,5 Gbit/s

2.2.2 Prestación de Servicios TDM

El uso de tecnologías TDM están aun presentes en los mercados de Telecomunicaciones, por ejemplo las empresas de telefonía celular aun basan el acceso a los servicios que ofrecen desde sus nodos en la asignación de los recursos de RF por un periodo de tiempo definido para un canal compartido en muchas ocasiones hasta por 8 usuarios, esta es una forma de la aplicación de la tecnología TDM. Otro ejemplo muy común es el uso de capacidad para los circuitos

de voz en interfaces TDM ya que las centrales PBX TDM no han sido aun migradas a centrales IP, porque los servicios TDM aun están presentes en la red de los Portadores

Tecnología TDM convencional

Un factor muy importante en los servicios TDM es la sincronización entre la fuente y el destino, ya que el acceso a los recursos se basa en el instante del acceso y la duración del tiempo de uso del canal, una incorrecta referencia de tiempo entre el receptor y el transmisor, puede producir la degradación total del sistema

Adicionalmente, las redes TDM convencionales tienen numerosas características especiales, en particular aquellas requeridas para portar un correcto grado de voz en canales de telefonía. Estas características implican sistemas de señalización que soporten un amplio rango de características de telefonía, una rica literatura de estandarización, un muy desarrollado mecanismo de operación y mantenimiento

Tecnología TDMoIP

La tecnología TDMoIP que hace posible la emulación de los circuitos TDM sobre redes basadas en el protocolo IP tales

come Metro Ethernet o MPLS hace posible que sobre una misma infraestructura de red se pueda brindar servicios Ethernet y TDM.

Un reto visible al que se enfrenta esta tecnología es la recuperación del reloj, en redes nativas TDM la capa física porta con gran precisión la información de temporización junto con la TDM data, pero cuando emulamos TDM sobre PSN la sincronización está ausente. Los estándares de temporización TDM pueden ser exigentes, y de conformidad con estas pueden requerir mecanismos innovadores para reproducir de forma adaptativa la temporización en TDM.

Otra cuestión que debe abordarse es el ocultamiento de la pérdida de paquetes TDMoIP (PLC por sus siglas en inglés). Puesto que los datos TDM se entregan a un ritmo constante a lo largo de un canal exclusivo, el servicio nativo puede tener errores de bit, pero la información nunca se pierde durante el transporte. Todos los PSN sufren en algún grado de pérdida de paquetes, y esto debe ser compensado cuando se entrega TDM sobre una PSN.

Análisis de TDM vs TDMoIP

Los hechos han demostrado que la tendencia en las tecnologías de telecomunicaciones y datos es transportar todos los servicios sobre una única infraestructura de red, capaz de poder mover la información de varios orígenes a sus destinos.

Antiguamente con mayor presencia y aun en la actualidad se ve el caso de proveedores de servicios que mantienen una doble infraestructura de red para brindar sus productos, el uso depende del requerimiento del cliente, si el cliente desea usar líneas alquiladas para servicios TDM o clear channel, lo ofrecen a través de su red Frame Relay a velocidades múltiplos de 64Kb sobre interfaces G703 o V35 y si por otro lado el cliente desea contratar el servicio únicamente de datos lo pueden hacer a través de una interface Ethernet por medio de su red Metro Ethernet

Esto obliga a duplicar el gasto de Operación sobre la red en la compañía, capacitar a los operadores sobre el manejo de las dos redes o hacer dos grupos de operadores, uno por cada red.

A continuación el comentario de Pablo Stein, Account Manager para el Cono Sur de RAD Data Communications, "Mediante dichas soluciones los operadores tienen la posibilidad de ampliar su portafolio de servicios a una oferta multi-servicio real a través de redes IP/MPLS", quien además agregó lo siguiente: "la utilización de tecnología Pseudowire no requiere actualizaciones en el equipo del cliente (preservando así su inversión), ni capacitación extra para el personal.

Eduardo Moreira, gerente de Ingeniería de Backbone de IPLAN comenta lo siguiente: "utilizar nuestra red de dispersión de cobre con tecnologías TDM tradicionales implicaba un cambio de paradigma tecnológico en nuestra red y la implementación de tecnologías legacy TDM desconocidas para IPLAN". "La tecnología Pseudowire TDMoIP provista por RAD, se adaptaba perfectamente a nuestra topología de red de Cobre e implementaba las funcionalidades requeridas por el cliente, aprovechando las características de red existentes; formando una combinación ideal para permitir un despliegue rápido y sencillo de los servicios, con un mínimo impacto en la operación,

administración y mantenimiento de la red y en las necesidades de capacitación de nuestro personal”.

Desde el punto de vista económico, que en muchos casos es el factor que determina o no la realización de un proyecto, no tiene sentido invertir en tecnologías legacy TDM por lo que una mejor propuesta es el uso de TDMoIP, que será sobre la cual se basará el diseño del servicio TDM, en este proyecto.

CAPITULO 3

3 Diseño del Proyecto

La primera parte del diseño se enfocará en la interconexión de las dos redes Metro Ethernet ubicadas una en Guayaquil y la otra en Loja (figura 3.1 y 3.2) mediante una red SDH. La segunda parte, enfoca la prestación de los servicios de E1s y 5 STM-1 en ambas ciudades, tal como lo enuncia el problema.

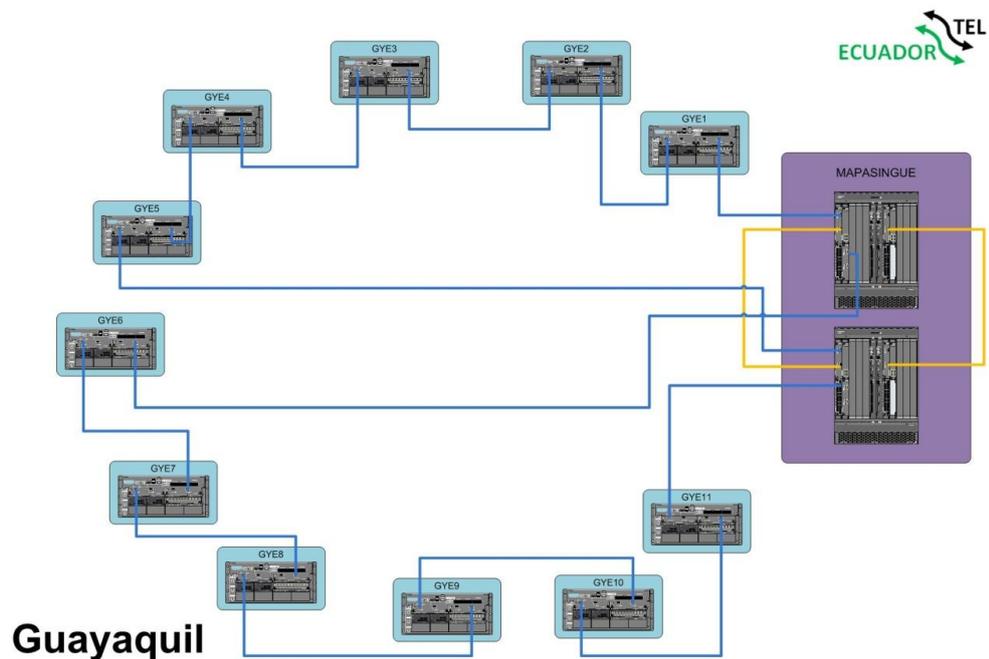


Figura 3.1 Esquema actual de la red IP/MPLS desplegada en Guayaquil.

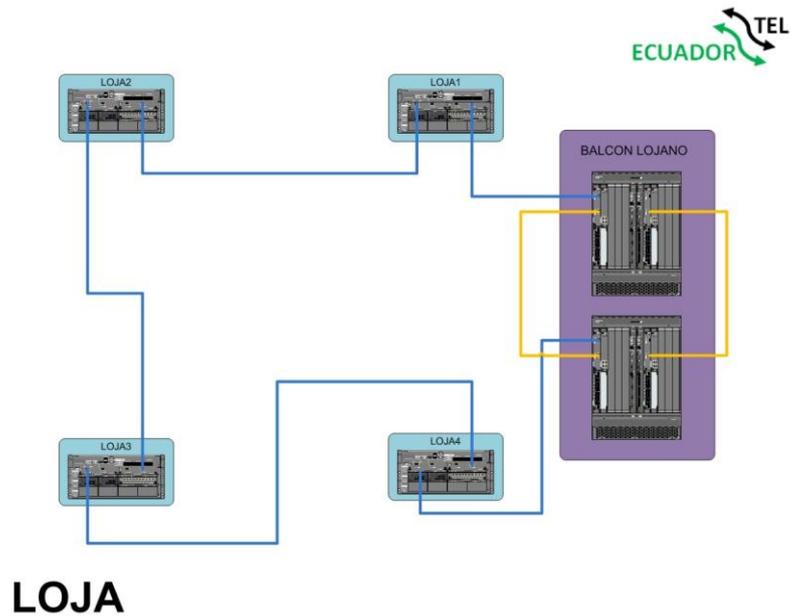


Figura 3.2 Esquema actual de la red IP/MPLA desplegada en Loja.

3.1 Interconexión de Redes Metro Ethernet

En la actualidad poseemos el despliegue de dos redes Metro Ethernet, una por localidad, las cuales serán enlazadas por medio de tecnología SDH.

A pesar de que el proyecto está enmarcado en proveer servicios entre las ciudades de Loja, Guayaquil y el MMR, encontramos que entre estas ciudades hay zonas de potencial consumo de servicios de comunicaciones, por lo que se hace atractivo el montar infraestructura propia, para tener una red que pueda atender estos servicios.

En el trayecto por carretera entre Loja y Guayaquil, tenemos ciudades como Cuenca, Machala, Naranjal y Milagro que hacen parte de este mercado potencial, en base a este antecedente se opta en el proyecto por hacer el diseño de la red versus la posibilidad del alquiler de la misma, haciendo una estimación promedio del costo por la capacidad de 1 E1 en \$400,00 al mes, y la venta del 60% de la capacidad planteada en el proyecto, nos daría la cifra de \$241.920,00 mensuales, cifra que anima a realizar una inversión de este tipo.

Se diseñará una red SDH con topología en anillo; la ubicación de los nodos principales en las dos ciudades de interés donde estarán los equipos SDH son el cerro Mapasingue en Guayaquil y el Balcón Lojano en Loja

3.1.1 Diseño macro de la solución

El diagrama del diseño en macro se muestra en la figura 3.3

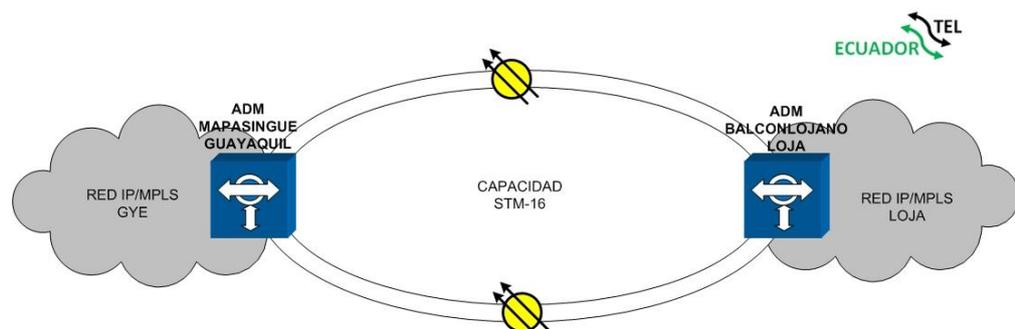


Figura 3.3 Esquema simplificado de la conexión SDH Loja - Guayaquil.

El objetivo del diseño es llegar a cumplir lo que se muestra en el diagrama de la figura 3.3, sabemos que debido a la distancia entre ambas ciudades dos equipos no bastan para interconectarla, la distancia aproximada entre ambas ciudades es de 400 Km, aunque esto depende de la ruta seleccionada.

La fibra óptica seleccionada para el tendido del anillo es la ITU-T G.652 por tener pérdidas y brindar velocidades acorde a las necesidades del proyecto, además de su bajo costo.

Diseño del tramo Costa - Sur

Para completar el tramo costa sur desde GYE hasta Loja se han escogido las siguientes localidades para la colocación de los nodos SDH, la figura 3.4 muestra las localidades seleccionadas.



Figura 3.4 Distancias localidades tramo Costa Sur.

Para cubrir distancias cercanas o mayores a 100 Km se usará un optical booster amplifier BA que tiene alcance de hasta 120 o 130 Km para la fibra óptica seleccionada

Diseño del tramo Sierra - Centro

Para completar el tramo sierra centro desde Loja hasta GYE se han escogido las siguientes localidades para la colocación de los nodos SDH, la figura 3.5 muestra las localidades seleccionadas.

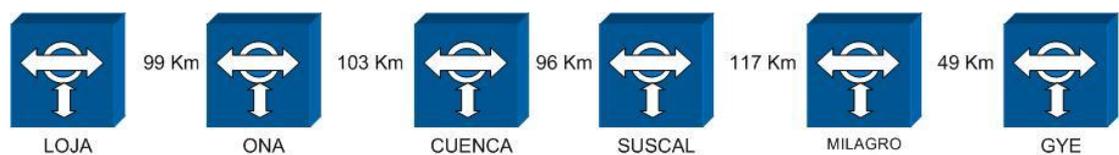


Figura 3.5 Distancias localidades tramo Sierra Centro.

Para cubrir distancias cercanas o mayores a 100 Km se usará un optical booster amplifier BA que tiene alcance de hasta 120 o 130 Km para la fibra óptica seleccionada.

Diseño del Anillo Completo

Se requiere un total de 9 ADM's para construir un anillo SDH y tender 851 Km de fibra para interconectarlos, la figura 3.6 muestra el resumen de los sitios escogidos.

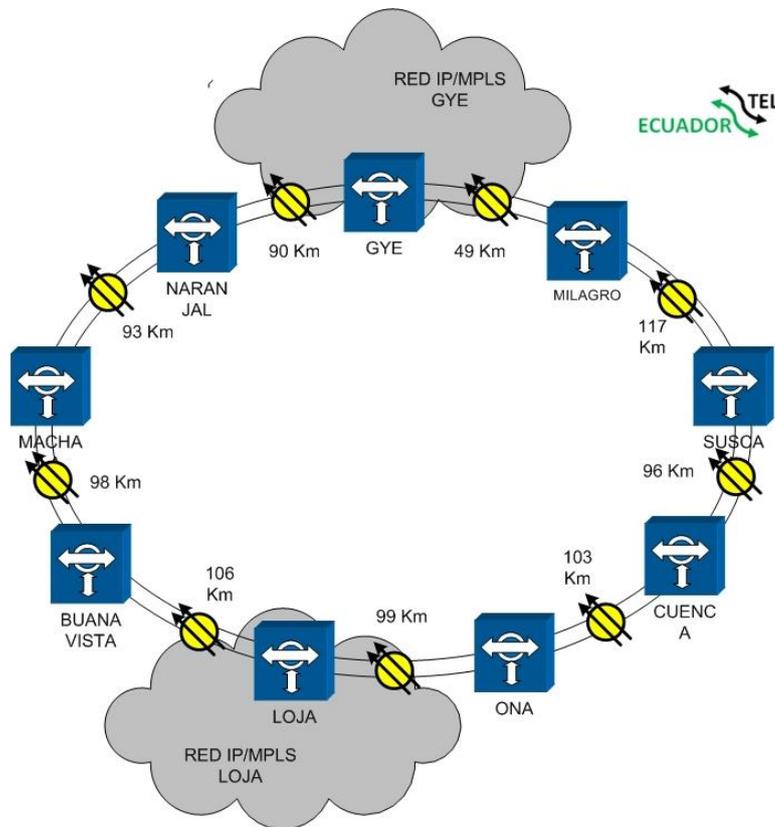


Figura 3.6 Resumen de sitios escogidos.

Para conducir la fibra óptica entre estas ciudades se ha seleccionado los postes de las carreteras que interconectan estas ciudades, como lo muestran las imágenes del mapa de carreteras del Ecuador en la figura 3.7, figura 3.8, figura 3.9, figura 3.10, figura 3.11, figura 3.12, figura 3.13, figura 3.14 y figura 3.15

La herramienta utilizada para medir las distancias fue google maps pedometer, la cual se obtiene digitando en un explorador de internet <http://www.trails.com/googlemap.aspx>.

Tramo GYE - Naranjal

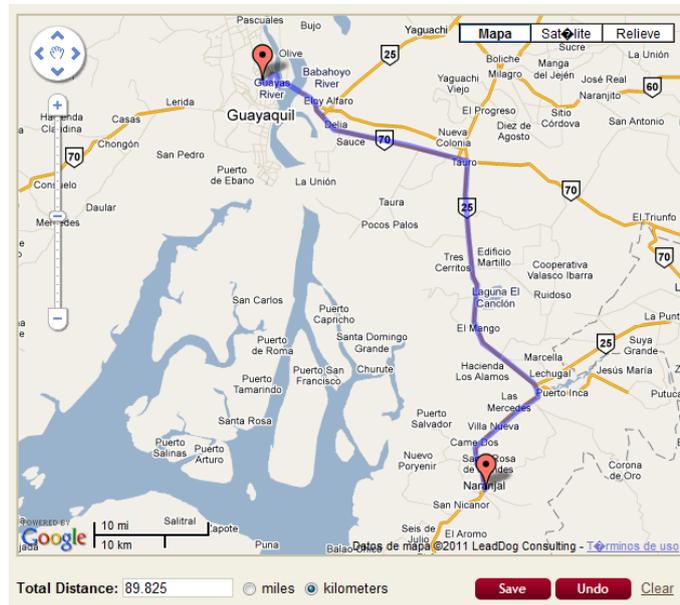


Figura 3.7 Trayecto tramo GYE - Naranjal.

Tramo Naranjal - Machala

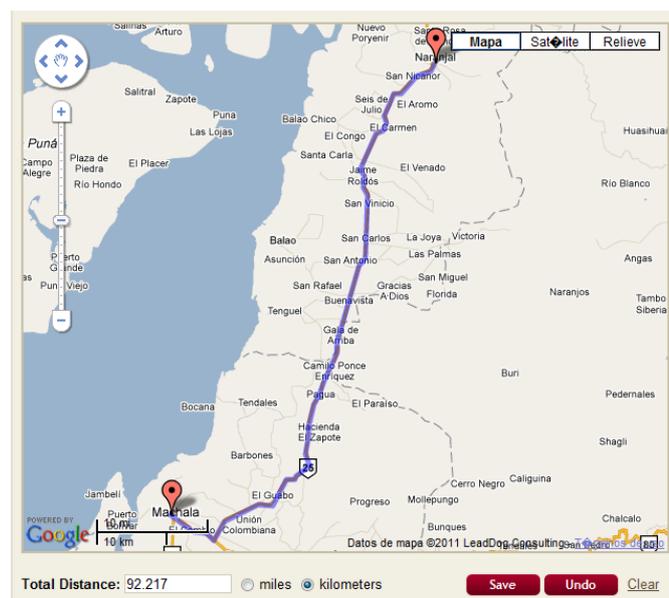


Figura 3.8 Trayecto tramo Naranjal - Machala.

Tramo Machala – Buena Vista

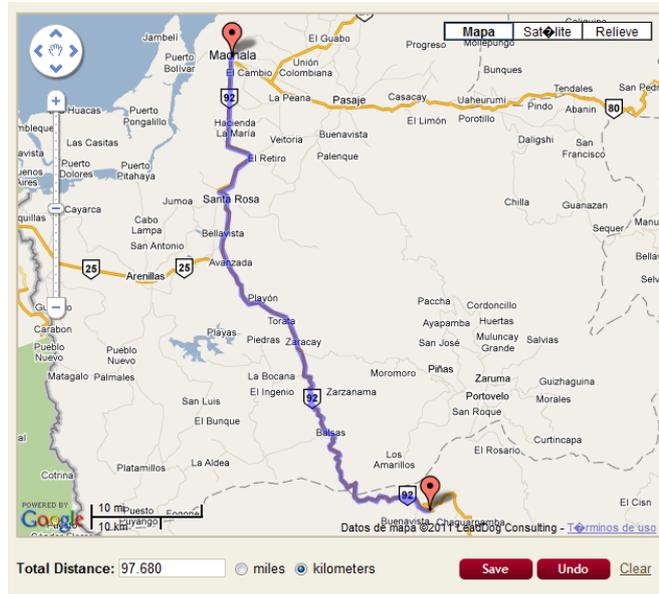


Figura 3.9 Trayecto tramo Machala - Buena Vista.

Tramo Buena Vista - Loja

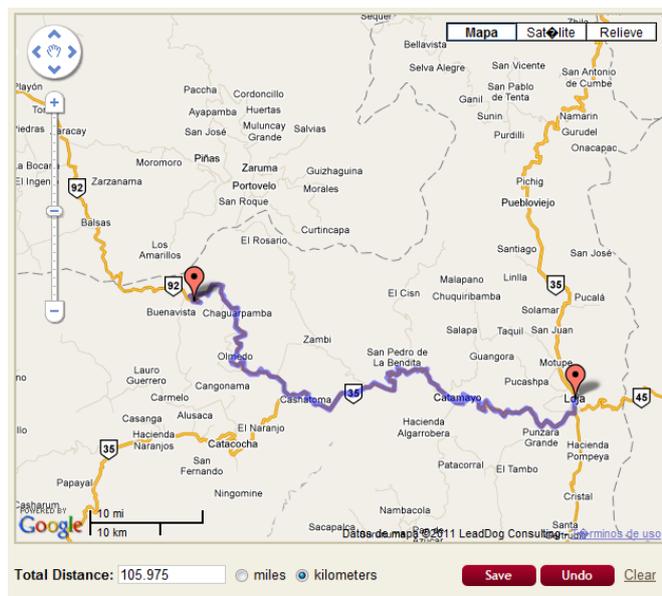


Figura 3.10 Trayecto tramo Buena Vista - Loja.

Tramo Loja - Ona

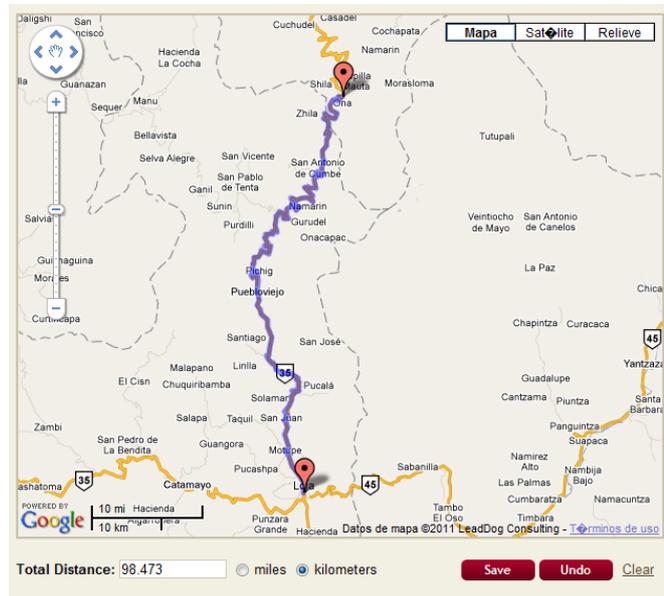


Figura 3.11 Trayecto tramo Loja - Ona.

Tramo Ona - Cuenca

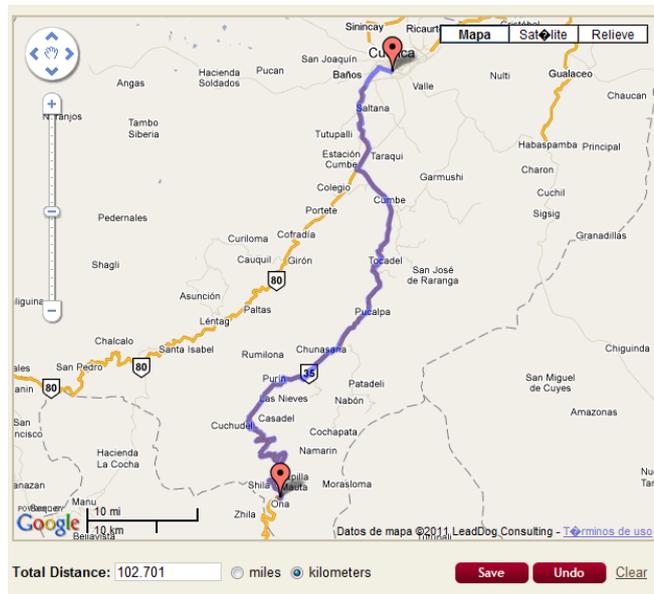


Figura 3.12 Trayecto tramo Ona - Cuenca.

Tramo Cuenca - Suscal



Figura 3.13 Trayecto tramo Cuenca - Suscal.

Tramo Suscal - Milagro



Figura 3.14 Trayecto tramo Suscal - Milagro.

Tramo Milagro - GYE

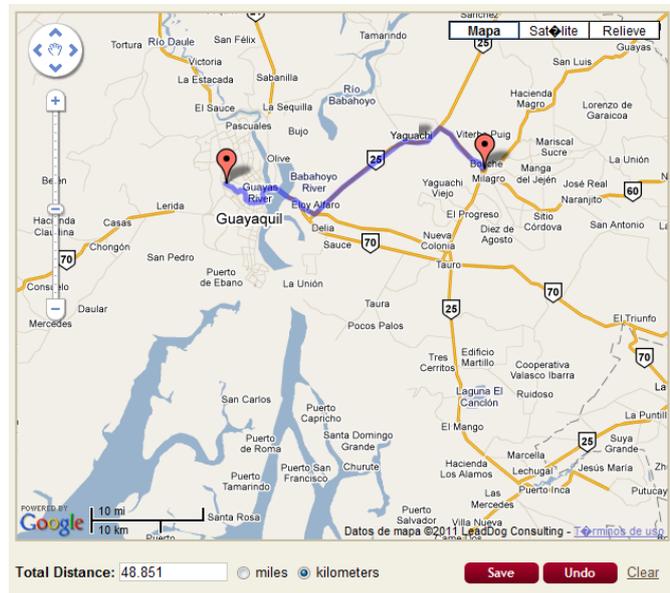


Figura 3.15 Trayecto tramo Milagro - GYE.

3.1.2 Presupuesto de enlace

El presupuesto de enlace se lo realiza en base a la siguiente fórmula obtenida del material de estudio en clases.

$$at = L \cdot aL + ne \cdot ae + nc \cdot ac + ar \cdot L$$

L = longitud del cable en Km.

aL = coeficiente de atenuación en dB/Km

ne = número de empalmes

ae = atenuación por empalme

nc = número de conectores

ac = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación en dB/Km

$$P_m = P_t - P_u$$

P_m = Margen de potencia

P_t = Potencia de transmisión

P_u = Potencia de umbral

$$M_e = P_m - A_t$$

M_e = Margen del enlace

A_t = Atenuación

Presupuesto de enlace tramo GYE - Naranjal

$$a_t = L \cdot a_L + n_e \cdot a_e + n_c \cdot a_c + a_r \cdot L$$

$$L = 89,825 \text{ Km.}$$

$$a_L = 0,23 \text{ dB/Km}$$

$$n_e = 24$$

$$a_e = 0,10 \text{ dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5 \text{ dB}$$

$$a_r = 0,10 \text{ dB/Km}$$

$$a_t = (89,825 \cdot 0,23) \text{ dB} + 2,3 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + (0,10 \cdot 89,825) \text{ dB}$$

$$a_t = 32,94 \text{ dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = +7 \text{ dBm} + 31,5 \text{ dBm}$$

$$P_m = 38,5 \text{ dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 38,5 \text{ dBm} - 23,96 \text{ dBm}$$

$$M_e = 14,54 \text{ dBm}$$

Presupuesto de enlace tramo Naranjal - Machala

$$a_t = L \cdot a_L + n_e \cdot a_e + n_c \cdot a_c + a_r \cdot L$$

$$L = 92,217 \text{ Km.}$$

$$a_L = 0,23 \text{ dB/Km}$$

$$n_e = 24$$

$$a_e = 0,10 \text{ dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5 \text{ dB}$$

$$a_r = 0,10 \text{ dB/Km}$$

$$a_t = (92,217 \cdot 0,23) \text{ dB} + 2,4 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + (0,10 \cdot 92,217) \text{ dB}$$

$$a_t = 33,83 \text{ dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = +7\text{dBm} + 31,5\text{dBm}$$

$$P_m = 38,5\text{dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 38,5\text{dBm} - 24,61\text{dBm}$$

$$M_e = 13,89\text{dBm}$$

Presupuesto de enlace tramo Machala – Buena Vista

$$a_t = L \cdot a_L + n_e \cdot a_e + n_c \cdot a_c + a_r \cdot L$$

$$L = 97,68\text{Km.}$$

$$a_L = 0,23\text{dB/Km}$$

$$n_e = 25$$

$$a_e = 0,10\text{dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5\text{dB}$$

$$a_r = 0,10\text{dB/Km}$$

$$a_t = (97,68 \cdot 0,23) \text{ dB} + 2,5\text{dB} + 1\text{dB} + (0,10 \cdot 97,68) \text{ dB}$$

$$a_t = 35,73 \text{ dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = +7\text{dBm} + 31,5\text{dbm}$$

$$P_m = 38,5\text{dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 38,5\text{dBm} - 25,97\text{dBm}$$

$$M_e = 12,53\text{dBm}$$

Presupuesto de enlace tramo Buena Vista - Loja

$$a_t = L \cdot a_L + n_e \cdot a_e + n_c \cdot a_c + a_r \cdot L$$

$$L = 105,975\text{Km.}$$

$$a_L = 0,23\text{dB/Km}$$

$$n_e = 27$$

$$a_e = 0,10\text{dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5\text{dB}$$

$$a_r = 0,10\text{dB/Km}$$

$$a_t = (105,975 \cdot 0,23) \text{ dB} + 2,7\text{dB} + 1\text{dB} + (0,10 \cdot 105,975) \text{ dB}$$

$$a_t = 38,67 \text{ dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = +17\text{dBm} + 31,5\text{dbm}$$

$$P_m = 48,5\text{dBm}$$

$$Me = Pm - At$$

$$Me = 48,5 \text{ dBm} - 28,07 \text{ dBm}$$

$$Me = 20,43 \text{ dBm}$$

Presupuesto de enlace tramo Loja - Ona

$$at = L \cdot aL + ne \cdot ae + nc \cdot ac + ar \cdot L$$

$$L = 98,473 \text{ Km.}$$

$$aL = 0,23 \text{ dB/Km}$$

$$ne = 25$$

$$ae = 0,10 \text{ dB}$$

$$nc = 2$$

$$ac = 0,5 \text{ dB}$$

$$ar = 0,10 \text{ dB/Km}$$

$$at = (98,473 \cdot 0,23) \text{ dB} + 2,5 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + (0,10 \cdot 98,473) \text{ dB}$$

$$at = 36,00 \text{ dBm}$$

$$Pm = Pt - Pu$$

$$Pm = +7 \text{ dBm} + 31,5 \text{ dbm}$$

$$Pm = 38,5 \text{ dBm}$$

$$Me = Pm - At$$

$$Me=38,5\text{dBm}-26,15\text{dBm}$$

$$Me=12,35\text{dBm}$$

Presupuesto de enlace tramo Ona - Cuenca

$$at = L \cdot aL + ne \cdot ae + nc \cdot ac + ar \cdot L$$

$$L = 102,701\text{Km.}$$

$$aL = 0,23\text{dB/Km}$$

$$ne = 26$$

$$ae = 0,10\text{dB}$$

$$nc = 2$$

$$ac = 0,5\text{dB}$$

$$ar = 0,10\text{dB/Km}$$

$$at = (102,701 \cdot 0,23) \text{ dB} + 2,6\text{dB} + 1\text{dB} + (0,10 \cdot 102,701) \text{ dB}$$

$$at = 37,49 \text{ dBm}$$

$$Pm = Pt - Pu$$

$$Pm = +17\text{dBm} + 31,5\text{dbm}$$

$$Pm = 48,5\text{dBm}$$

$$Me = Pm - At$$

$$Me = 48,5\text{dBm} - 27,22\text{dBm}$$

$$Me = 21,28\text{dBm}$$

Presupuesto de enlace tramo Cuenca - Suscal

$$a_t = L \cdot a_L + n_e \cdot a_e + n_c \cdot a_c + a_r \cdot L$$

$$L = 95,532 \text{ Km.}$$

$$a_L = 0,23 \text{ dB/Km}$$

$$n_e = 24$$

$$a_e = 0,10 \text{ dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5 \text{ dB}$$

$$a_r = 0,10 \text{ dB/Km}$$

$$a_t = (95,532 \cdot 0,23) \text{ dB} + 2,4 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + (0,10 \cdot 95,532) \text{ dB}$$

$$a_t = 34,93 \text{ dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = +7 \text{ dBm} + 31,5 \text{ dbm}$$

$$P_m = 38,5 \text{ dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 38,5 \text{ dBm} - 25,37 \text{ dBm}$$

$$M_e = 13,13 \text{ dBm}$$

Presupuesto de enlace tramo Suscal - Milagro

$$a_t = L \cdot a_L + n_e \cdot a_e + n_c \cdot a_c + a_r \cdot L$$

$$L = 116,382 \text{ Km.}$$

$$a_L = 0,23 \text{ dB/Km}$$

$$n_e = 30$$

$$a_e = 0,10 \text{ dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5 \text{ dB}$$

$$a_r = 0,10 \text{ dB/Km}$$

$$a_t = (116,382 \cdot 0,23) \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + (0,10 \cdot 116,38) \text{ dB}$$

$$a_t = 42,41 \text{ dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = +17 \text{ dBm} + 31,5 \text{ dbm}$$

$$P_m = 48,5 \text{ dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 48,5 \text{ dBm} - 30,77 \text{ dBm}$$

$$M_e = 17,73 \text{ dBm}$$

Presupuesto de enlace tramo Milagro - GYE

$$a_t = L \cdot a_L + n_e \cdot a_e + n_c \cdot a_c + a_r \cdot L$$

$$L = 48,851 \text{ Km.}$$

$$aL = 0,23 \text{ dB/Km}$$

$$n_e = 13$$

$$a_e = 0,10 \text{ dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5 \text{ dB}$$

$$a_r = 0,10 \text{ dB/Km}$$

$$a_t = (48,851 * 0,23) \text{ dB} + 1,3 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + (0,10 * 48,851) \text{ dB}$$

$$a_t = 18,42 \text{ dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = +3 \text{ dBm} + 30 \text{ dBm}$$

$$P_m = 33 \text{ dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 33 \text{ dBm} - 13,54 \text{ dBm}$$

$$M_e = 19,46 \text{ dBm}$$

3.1.3 Selección de módulos ópticos

La selección de los módulos ópticos apropiados para cada tramo la haremos en base a la información obtenida de los cálculos de los presupuestos de enlace hechos resumidos en la tabla 3.1, la tabla de los parámetros de desempeños ópticos y la tabla de parámetros técnicos de las BA2.

Segmento	Distancia Km	Número de empalmes para bobinas de 4 Km	Pérdidas por empalmes	Coefficiente de atenuación dB/Km	Pérdida por conector dB	Reserva de atenuación dB/Km	Atenuación sin reserva	Atenuación total
1 GYE/Naranjal	89,825	23	0,1	0,23	0,5	0,1	23,96	32,94
2 Naranjal/Machala	92,217	24	0,1	0,23	0,5	0,1	24,61	33,83
3 Machala/Buena Vista	97,68	25	0,1	0,23	0,5	0,1	25,97	35,73
4 Buena Vista/Loja	105,975	27	0,1	0,23	0,5	0,1	28,07	38,67
5 Loja/Ona	98,473	25	0,1	0,23	0,5	0,1	26,15	36,00
6 Ona/Cuenca	102,701	26	0,1	0,23	0,5	0,1	27,22	37,49
7 Cuenca/Suscal	95,532	24	0,1	0,23	0,5	0,1	25,37	34,93
8 Suscal/Milagro	116,382	30	0,1	0,23	0,5	0,1	30,77	42,41
9 Milagro/GYE	48,851	13	0,1	0,23	0,5	0,1	13,54	18,42

Tabla 3.1 Resumen de cálculos ópticos para el anillo SDH GYE-Loja.

2. Optical Module and Parameter Requirement

Table A-4 shows the types and parameters of the optical modules provided by SDH boards.

Table A-4 Types and parameters of optical modules provided by SDH boards

Transmission rate	Corresponding level	Wavelength (nm)	Transmission distance (km)	Launched optical power (dBm)	Receiver sensitivity (dBm)
STM-1	I-1	1310	0-2	-15 to -8	-31
	S-1.1	1310	2-15	-15 to -8	-31
	L-1.1	1310	15-40	-5 to 0	-34
	L-1.2	1550	40-80	-5 to 0	-34
	Ve-1.2	1550	80-100	-3 to 2	-34
STM-4	I-4	1310	0-2	-15 to -8	-31
	S-4.1	1310	2-15	-15 to -8	-31
	L-4.1	1310	15-40	-3 to 2	-30
	L-4.2	1550	40-80	-3 to 2	-30
	Ve-4.2	1550	80-100	-3 to 2	-33
STM-16	I-16	1310	0-2	-10 to -3	-21
	S-16.1	1310	2-15	-5 to 0	-21
	L-16.1	1310	15-40	-2 to 3	-30
	L-16.2	1550	40-80	-2 to 3	-30
STM-16	L-16.2Je	1550	80-100	5 to 7	-31.5
	V-16.2Je (Note)	1550	100-140	5 to 7	-31.5
	U-16.2Je (Note)	1550.12	140-170	5 to 7	-38

Note Provide V-16.2Je with BA, provide U-16.2Je with BA and PA.

Tabla 3.2 Parámetros de desempeño de los módulos ópticos.

Parameter	Description	
	BA2	BPA
Rate	2488320 kbit/s and 9953280 Kbit/s	
Processing capability	2-channel power amplification	1-channel power amplification and 1-channel pre-amplification
Line code pattern	NRZ	
Connector	LC	
Dimensions (mm)	262.05x220x25.4	
Weight (kg)	1.01	1.01
Power consumption (W)	20	20
Working wavelength range (nm)	BA: 1530 - 1565	BA: 1530 - 1565 PA 1550.12
Single channel input power range (dBm)	BA: -6 to +3	BA: -6 to +3 PA: -10 to -38
Total output (dBm)	BA: +14 or +17	BA: +14 or +17
Receiver sensitivity (dBm)		PA: -38
Noise figure (dB)	BA: < 6.5	BA: < 6.5, PA: < 6
type of optical interface	V-16.2, U-16.2, L-64.2, V-64.2, U-64.2	V-16.2, U-16.2, L-64.2, V-64.2, U-64.2
Long-term operating condition	Temperature: 0°C to 45°C Humidity: 10% - 90%	
Short-term operating condition	Temperature: 5°C to 50°C Humidity: 5% - 95%	
Environment for storage	Temperature: -40°C to 70°C Humidity: 10% - 100%	
Environment for transportation	Temperature: -40°C to 70°C Humidity: 10% - 100%	

Tabla 3.3 Parámetros técnicos de la BA2 y BPA.

Segmento	Distancia Km	Atenuación total	Nivel correspondiente de módulos ópticos
1 GYE/Naranjal	89,825	32,94	L-16.2Je
2 Naranjal/Machala	92,217	33,83	L-16.2Je
3 Machala/Buena Vista	97,68	35,73	L-16.2Je
4 Buena Vista/Loja	105,975	38,67	V-16.2Je
5 Loja/Ona	98,473	36,00	L-16.2Je
6 Ona/Cuenca	102,701	37,49	V-16.2Je
7 Cuenca/Suscal	95,532	34,93	L-16.2Je
8 Suscal/Milagro	116,382	42,41	V-16.2Je
9 Milagro/GYE	48,851	18,42	L-16.2

Tabla 3.4 Selección de módulos ópticos por segmento.

3.1.4 Uso del Booster Amplifier

En transmisiones de larga distancia, la atenuación de la señal óptica es grande. Para hacer que el receptor óptico reciba una señal óptica normal, se necesita usar las BA2 y BPA2.

En la siguiente figura se muestra el uso del optical booster amplifier.

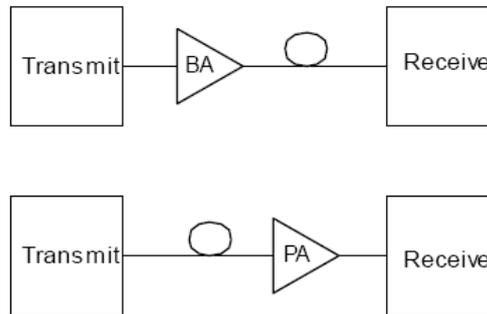


Figura 3.16 Ubicación del BA2 y BPA en la red.

3.2 Descripción de la red Metro Ethernet

En ambas localidades se tiene desplegado una red Metro Ethernet IP/MPLS con topología física en anillo, enlazado cada nodo al anillo a una velocidad de 10Gbit/s, los routers instalados en cada nodo para ambas ciudades son routers de servicios, lo que le da gran versatilidad al momento de poner en producción nuevos servicios.

Los modelos de equipos instalados en cada localidad son resumidos en las tablas 3.2 y 3.3, también se muestran imágenes de estos modelos en las figuras 3.17 y 3.18.

GUAYAQUIL	
Nodo	Tipo de equipo
MAPASINGUE1	ALCATEL - LUCENT 7750 SR-12
MAPASINGUE2	ALCATEL - LUCENT 7750 SR-12
GYE1	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE2	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE3	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE4	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE5	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12

GYE6	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE7	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE8	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE9	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE10	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12
GYE11	ALCATEL - LUCENT 7750 SRc-12

Tabla 3.5 Modelo de equipo IP/MPLS instalado en la ciudad de Guayaquil.

LOJA	
Nodo	Tipo de equipo
BALCON LOJANO1	ALCATEL - LUCENT 7750 SR-12
BALCON LOJANO2	ALCATEL - LUCENT 7750 SR-12
LOJA1	ALCATEL - LUCENT 7750 SRC-12
LOJA2	ALCATEL - LUCENT 7750 SRC-12
LOJA3	ALCATEL - LUCENT 7750 SRC-12
LOJA4	ALCATEL - LUCENT 7750 SRC-12

Tabla 3.6 Modelo de equipo IP/MPLS instalado en la ciudad de Loja.



Figura 3.17 Equipo Alcatel-Lucent 7750 SR-12.



Figura 3.18 Equipo Alcatel-Lucent 7750 SR-c12.

La red integrada SDH-IP/MPLS de ambas localidades se muestran en la figura 3.19.

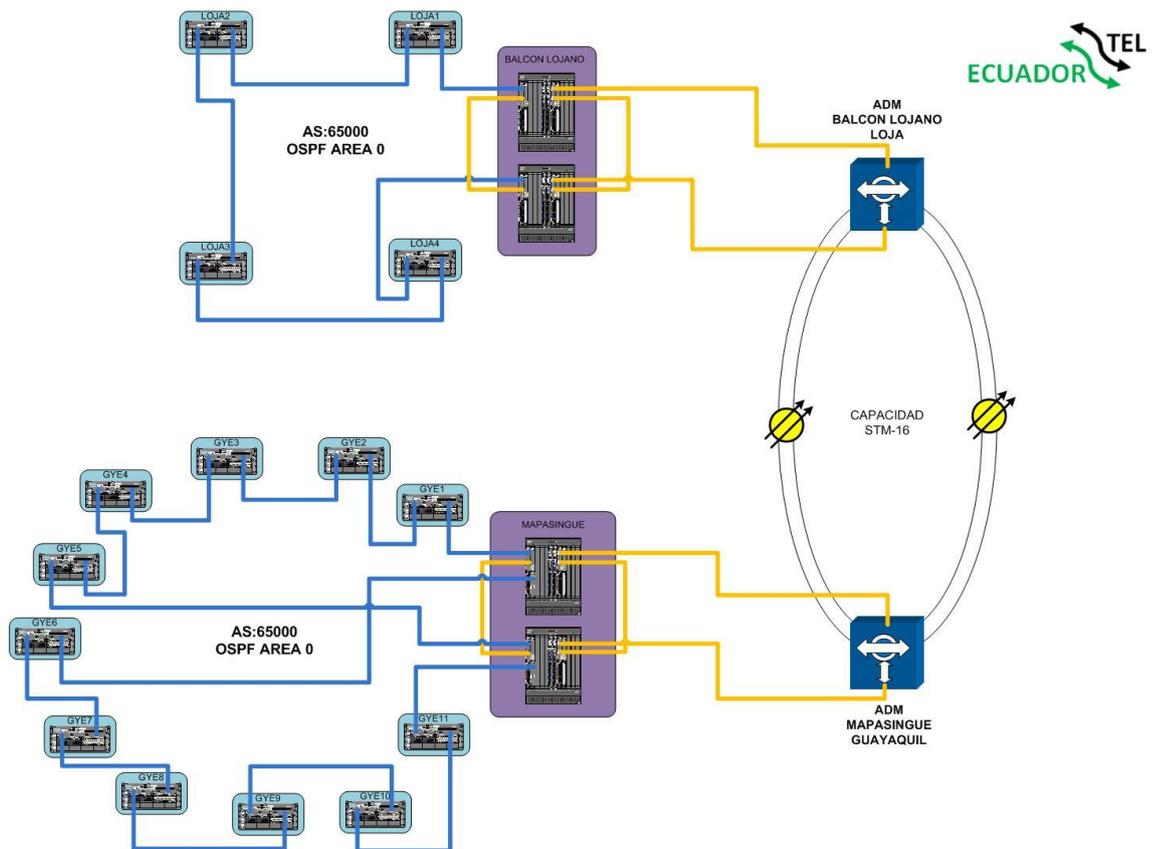


Figura 3.19 Red integrada SDH-IP/MPLS Loja – Guayaquil.

En las centrales ubicadas en el Balcón Lojano en Loja y Mapasingue en Guayaquil se tienen instalado dos equipos 7750 SR-12 en configuración Multichassis, lo que hace a la red más robusta, esta configuración hace que los equipos se vean como uno solo, de tal manera que podríamos modelar todas las características conocidas para un solo chassis, para lograr esta configuración se tiene interconectados ambos equipos con dos patch cords multimodo a través de dos interfaces de 10G Ethernet haciendo uso de un LAG en capa 2, por otro lado la conexión de los 7750 SR-12 hacia el ADM se lo realiza por medio de dos patch cords multimodo a nivel de interfaces STM16 como lo muestra la figura 3.20.

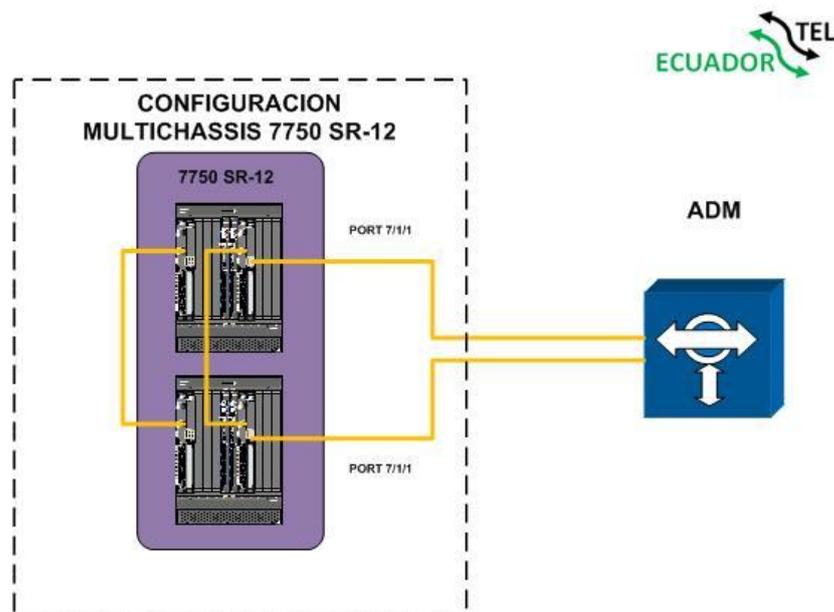


Figura 3.20 Configuración multichassis entre equipos 7750 SR-12.

3.2.1 Planeamiento IP de la red IP/MPLS

El planeamiento IP de la red se lo tiene hecho con las subredes 10.10.4.0/24 y 10.10.7.0 organizadas de la siguiente manera:

Red 10.10.4.0/25 asignada a las direcciones de loopback o de sistema de los equipo que conforman en anillo en Guayaquil.

Red 10.10.4.128/25 asignada a los enlaces entre equipos ubicados en Guayaquil.

Red 10.10.7.0/25 asignada a las direcciones de loopback o de sistema de los equipo que conforman en anillo en Loja.

Red 10.10.7.128/25 asignada a los enlaces entre equipos ubicados en Loja.

La asignación de redes para el backhaul IP a nivel nacional se muestra en la tabla 3.7.

RED ASIGNADA PARA BACKHAUL IP NACIONAL:10.10.0.0/22

RED COSTA: 10.10.4.0/24 GUAYAQUIL

SUBREDES	MASCARA	OBSERVACION	REGION
10.10.4.0	255.255.255.128	LOOPBACKS	COSTA
10.10.4.128	255.255.255.128	ANILLOS	

10.10.4.128/25

No RED	SUBREDES	MASCARA	OBSERVACION	ENLACE
1	10.10.4.128	255.255.255.252	Link 1	MAPASINGUE1 - GYE1
2	10.10.4.132	255.255.255.252	Link 2	GYE1 - GYE2
3	10.10.4.136	255.255.255.252	Link 3	GYE2 - GYE3
4	10.10.4.140	255.255.255.252	Link 4	GYE3 - GYE4
5	10.10.4.144	255.255.255.252	Link 5	GYE4 - GYE5
6	10.10.4.148	255.255.255.252	Link 6	GYE5 - MAPASINGUE2
7	10.10.4.152	255.255.255.252	Link 7	MAPASINGUE1 - GYE6
8	10.10.4.156	255.255.255.252	Link 8	GYE6 - GYE7
9	10.10.4.160	255.255.255.252	Link 9	GYE7 - GYE8
10	10.10.4.164	255.255.255.252	Link 10	GYE8 - GYE9
11	10.10.4.168	255.255.255.252	Link 11	GYE9 - GYE10
12	10.10.4.172	255.255.255.252	Link 12	GYE10 - GYE11
13	10.10.4.176	255.255.255.252	Link 13	GYE11 - MAPASINGUE2
14	10.10.4.180	255.255.255.252	Link 14	MAPASINGUE1 - MAPASINGUE2

10.10.4.0/25

No RED	SUBREDES	MASCARA	OBSERVACION
1	10.10.4.1	255.255.255.255	MAPASINGUE1
2	10.10.4.2	255.255.255.255	MAPASINGUE2
3	10.10.4.3	255.255.255.255	GYE1
4	10.10.4.4	255.255.255.255	GYE2
5	10.10.4.5	255.255.255.255	GYE3
6	10.10.4.6	255.255.255.255	GYE4
7	10.10.4.7	255.255.255.255	GYE5
8	10.10.4.8	255.255.255.255	GYE6
9	10.10.4.9	255.255.255.255	GYE7
10	10.10.4.10	255.255.255.255	GYE8
11	10.10.4.11	255.255.255.255	GYE9
12	10.10.4.12	255.255.255.255	GYE10
13	10.10.4.13	255.255.255.255	GYE11

RED SIERRA: 10.10.7.0/24 LOJA

SUBREDES	MASCARA	OBSERVACION	REGION
10.10.7.0	255.255.255.128	LOOPBACKS	COSTA
10.10.7.128	255.255.255.128	ANILLOS	

10.10.7.128/25

No RED	SUBREDES	MASCARA	OBSERVACION	ENLACE
1	10.10.7.128	255.255.255.252	Link 1	BALCONLOJANO1 - LOJA1
2	10.10.7.132	255.255.255.252	Link 2	LOJA1 - LOJA2
3	10.10.7.136	255.255.255.252	Link 3	LOJA2 - LOJA3
4	10.10.7.140	255.255.255.252	Link 4	LOJA3 - LOJA4
5	10.10.7.144	255.255.255.252	Link 5	LOJA4 - BALCONLOJANO2
6	10.10.7.148	255.255.255.252	Link 6	BALCONLOJANO1 - BALCONLOJANO2

10.10.7.0/25

No RED	SUBREDES	MASCARA	OBSERVACION
1	10.10.7.1	255.255.255.255	BALCONLOJANO1
2	10.10.7.2	255.255.255.255	BALCONLOJANO2
3	10.10.7.3	255.255.255.255	LOJA1
4	10.10.7.4	255.255.255.255	LOJA2
5	10.10.7.5	255.255.255.255	LOJA3
6	10.10.7.6	255.255.255.255	LOJA4

Tabla 3.7 Backhaul IP nacional.

La asignación de las IP de sistema para los equipos instalados tanto en la ciudad de Guayaquil como en la ciudad de Loja está resumida en la tablas 3.8 y 3.9 respectivamente.

ECUADORTEL

Region	Code
GUAYAQUIL	GYE

Site	Code	Num	Host name	Loopback IP (/32)
CONCENTRATION NODES (CN)-7750SR-12				
MAPAQINGUE1	M	01	SR12-M1-CN	10.10.4.1
MAPASINGUE2	M	02	SR12-M2-CN	10.10.4.2
DISTRIBUTION NODES (DN) - 7750 SRc12				
GYE1	GYE1	01	SRC12-GYE11-DN	10.10.4.3
GYE2	GYE2	01	SRC12-GYE21-DN	10.10.4.4
GYE3	GYE3	01	SRC12-GYE31-DN	10.10.4.5
GYE4	GYE4	01	SRC12-GYE41-DN	10.10.4.6
GYE5	GYE5	01	SRC12-GYE51-DN	10.10.4.7
GYE6	GYE6	01	SRC12-GYE61-DN	10.10.4.8
GYE7	GYE7	01	SRC12-GYE71-DN	10.10.4.9
GYE8	GYE8	01	SRC12-GYE81-DN	10.10.4.10
GYE9	GYE9	01	SRC12-GYE91-DN	10.10.4.11
GYE10	GYE10	01	SRC12-GYE101-DN	10.10.4.12
GYE11	GYE11	01	SRC12-GYE111-DN	10.10.4.13

Tabla 3.8 IP de sistema de los equipos en GYE.

ECUADORTEL

Code	Code
LOJA	LJ

Site	Code	Num	Host name	System IP (/32)
CONCENTRATION NODES (CN)-7750SR-12				
BALCONLOJANO	L	01	SR12-L1-CN	10.10.7.1
BALCONLOJANO	L	02	SR12-L2-CN	10.10.7.2
DISTRIBUTION NODES (DN) - 7750 SRc12				
LOJA1	LOJA1	01	SRC12-LOJA11-DN	10.10.7.3
LOJA2	LOJA2	01	SRC12-LOJA21-DN	10.10.7.4
LOJA3	LOJA3	01	SRC12-LOJA31-DN	10.10.7.5
LOJA4	LOJA4	01	SRC12-LOJA41-DN	10.10.7.6

Tabla 3.9 IP de sistema de los equipos en Loja.

La asignación de las redes para la interconexión de equipos tanto en la ciudad de Guayaquil como en la ciudad de Loja está resumida en la tablas 3.10 y 3.11 respectivamente.

Physical Connections

SourceNode ID	Source System IP Address /32	Source Network Interface Name	Source Network Port	Source Network IP Address /30	Dest Node ID	Destination System IP Address /32	Destination Network Interface Name	Destination Network Port	Destination Network IP Address /30	OSP Area
SRC12-M1-DN	10.10.4.1	to_SRC12-GYE11-DN	1/1/1	10.10.4.129	SRC12-GYE11-DN	10.10.4.3	to_SR12-M1-CN	3/1/2	10.10.4.130	0
SRC12-GYE11-DN	10.10.4.3	to_SRC12-GYE21-DN	1/1/1	10.10.4.133	SRC12-GYE21-DN	10.10.4.4	to_SRC12-GYE11-DN	3/1/2	10.10.4.134	0
SRC12-GYE21-DN	10.10.4.4	to_SRC12-GYE31-DN	1/1/1	10.10.4.137	SRC12-GYE31-DN	10.10.4.5	to_SRC12-GYE21-DN	3/1/2	10.10.4.138	0
SRC12-GYE31-DN	10.10.4.5	to_SRC12-GYE41-DN	1/1/1	10.10.4.141	SRC12-GYE41-DN	10.10.4.6	to_SRC12-GYE31-DN	3/1/2	10.10.4.142	0
SRC12-GYE41-DN	10.10.4.6	to_SRC12-GYE51-DN	1/1/1	10.10.4.145	SRC12-GYE51-DN	10.10.4.7	to_SRC12-GYE41-DN	3/1/2	10.10.4.146	0
SRC12-GYE51-DN	10.10.4.7	to_SR12-M2-CN	1/1/1	10.10.4.149	SR12-M2-CN	10.10.4.2	to_SRC12-GYE51-DN	1/1/1	10.10.4.150	0
SRC12-M1-DN	10.10.4.1	to_SRC12-GYE61-DN	2/2/1	10.10.4.153	SRC12-GYE11-DN	10.10.4.8	to_SR12-M1-CN	3/1/2	10.10.4.154	0
SRC12-GYE61-DN	10.10.4.8	to_SRC12-GYE71-DN	1/1/1	10.10.4.157	SRC12-GYE71-DN	10.10.4.9	to_SRC12-GYE61-DN	3/1/2	10.10.4.158	0
SRC12-GYE71-DN	10.10.4.9	to_SRC12-GYE81-DN	1/1/1	10.10.4.161	SRC12-GYE81-DN	10.10.4.10	to_SRC12-GYE71-DN	3/1/2	10.10.4.162	0
SRC12-GYE81-DN	10.10.4.10	to_SRC12-GYE91-DN	1/1/1	10.10.4.165	SRC12-GYE91-DN	10.10.4.11	to_SRC12-GYE81-DN	3/1/2	10.10.4.166	0
SRC12-GYE91-DN	10.10.4.11	to_SRC12-GYE101-DN	1/1/1	10.10.4.169	SRC12-GYE101-DN	10.10.4.12	to_SRC12-GYE91-DN	3/1/2	10.10.4.170	0
SRC12-GYE101-DN	10.10.4.12	to_SRC12-GYE111-DN	1/1/1	10.10.4.173	SRC12-GYE111-DN	10.10.4.13	to_SRC12-GYE101-DN	3/1/2	10.10.4.174	0
SRC12-GYE111-DN	10.10.4.13	to_SR12-M2-CN	1/1/1	10.10.4.177	SR12-M2-CN	10.10.4.2	to_SRC12-GYE111-DN	2/2/1	10.10.4.178	0
SR12-M2-CN	10.10.4.2	to_SR12-M1-CN	1/1/2-8/1/2	10.10.4.181	SRC12-M1-DN	10.10.4.1	to_SR12-M2-CN	1/1/2-8/1/2	10.10.4.182	0

Tabla 3.10 Asignación IP de las conexiones físicas de los equipos en GYE.

Physical Connections

SourceNode ID	Source System IP Address /32	Source Network Interface Name	Source Network Port	Source Network IP Address /30	Dest Node ID	Destination System IP Address /32	Destination Network Interface Name	Destination Network Port	Destination Network IP Address /30
SRC12-L1-DN	10.10.7.1	to_SRC12-GYE11-DN	1/1/1	10.10.7.129	SRC12-LOJA11-DN	10.10.7.3	to_SR12-M1-CN	3/1/2	10.10.7.130
SRC12-LOJA11-DN	10.10.7.3	to_SRC12-GYE11-DN	1/1/1	10.10.7.133	SRC12-LOJA21-DN	10.10.7.4	to_SRC12-GYE11-DN	3/1/2	10.10.7.134
SRC12-LOJA21-DN	10.10.7.4	to_SRC12-GYE21-DN	1/1/1	10.10.7.137	SRC12-LOJA31-DN	10.10.7.5	to_SRC12-GYE21-DN	3/1/2	10.10.7.138
SRC12-LOJA31-DN	10.10.7.5	to_SRC12-GYE31-DN	1/1/1	10.10.7.141	SRC12-LOJA41-DN	10.10.7.6	to_SRC12-GYE31-DN	3/1/2	10.10.7.142
SRC12-LOJA41-DN	10.10.7.6	to_SRC12-GYE41-DN	1/1/1	10.10.7.145	SRC12-L2-DN	10.10.7.2	to_SRC12-GYE41-DN	1/1/1	10.10.7.146
SRC12-L2-DN	10.10.7.2	to_SRC12-GYE51-DN	1/1/2-8/1/2	10.10.7.149	SRC12-L1-DN	10.10.7.1	to_SRC12-GYE51-DN	1/1/2-8/1/2	10.10.7.150

Tabla 3.11 Asignación IP de las conexiones físicas de los equipos en Loja.

3.2.2 Protocolos implementados en la red Metro Ethernet.

Los principales protocolos usados en la red son:

OSPF: Protocolo que se encarga de la propagar y aprender las redes que pueden ser alcanzadas desde los dispositivos de ruteo.

RSVP: Protocolo encargado de distribuir las etiquetas en las redes MPLS, este protocolo es usado cuando sobre la red se quieren ejecutar tareas de ingeniería de tráfico.

T-LDP: Protocolo encargado de distribuir las etiquetas en las redes MPLS únicamente de forma automática, no soporta ingeniería de tráfico.

MP-BGP: Protocolo utilizado para compartir las rutas de los servicios VPN de capa 3 configurados en redes MPLS.

Para la detección temprana de links fuera de servicio se tiene configurado protocolo BFD.

Todas las interfaces mencionadas en las tablas anteriores junto con las de sistema de cada router se encuentran dentro de la configuración de OSPF área 0.0.0.0 y MPLS, el protocolo de señalización usado para compartir las etiquetas es RSVP y el sistema autónomo al que pertenecen los routers de ambas locaciones es el 65000.

3.3 Diseño del servicio de 5 STM-1.

El cliente portador de servicios de voz, solicitante de la capacidad de 5 STM-1 tiene su central en la ciudad de Guayaquil ubicada en el sector de la Prosperina, el nodo GYE1 para propósitos de este proyecto se encuentra ubicado cerca a dicha central por lo que el cliente recibirá los servicios desde esta estación.

En la ciudad de Loja la estación a la que se llevará el servicio contratado es la estación Zamora-Huaico, este servicio se brindará desde el nodo LOJA3, que de igual manera para propósitos de este proyecto se encuentran geográficamente cercanos el uno del otro, la figura 3.21 describe este servicio.

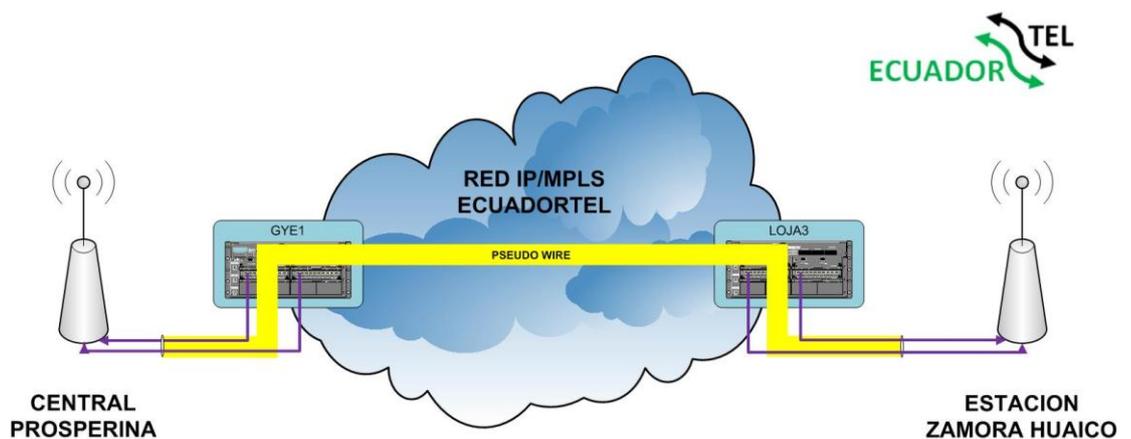


Figura 3.21 Esquema del servicio de 5 STM1.

Sobre los equipos GYE1 y LOJA3 se configurará un servicio ePIPE, el cual es un servicio VPN de capa 2, que haciendo uso de un túnel MPLS une dos sitios remotos en un mismo segmento de red, para brindar el servicio se utilizarán dos últimas millas de fibra óptica por localidad que se interconectarán a los equipos del cliente, el cliente portador de servicios de voz tiene una infraestructura de red pensada para dar servicio celular de cuarta generación lo que significa que toda su infraestructura es IP, sobre el ePIPE se

configurará una política de calidad de servicio que restringirá en ancho de banda a la capacidad contratada.

Usando las dos últimas millas conectadas a puertos Giga Ethernet en ambos extremos se configurará un LAG en capa 2 que hará que el servicio no sufra intermitencias en caso de pérdida de alguna de sus últimas millas, debido a que los LAG's simulan una conexión física uniendo de manera lógica dos o más puertos para que se vean como uno solo, son muy utilizados como esquemas de protección ya que no existe corte de servicio en el evento que la falla de un link haga que se pierda la conectividad entre dos puertos.

3.3.1 Presupuesto de enlace de las últimas millas

Para la conexión de las últimas millas hacia los equipos del cliente se escogió la fibra óptica ITU-T G.652, las figuras 3.22 y 3.23 muestran una imagen satelital del recorrido de fibra óptica para las últimas millas tanto para la ciudad de Guayaquil como para la ciudad de Loja.



Figura 3.22 Recorrido de últimas millas para el servicio de 5 STM1 en GYE.



Figura 3.23 Recorrido de últimas millas para el servicio de 5 STM1 en Loja.

Recorrido 1, Central Prosperina – Estación GYE1

$$at = L * aL + ne * ae + nc * ac + ar * L$$

$$L = 2,97 \text{ Km.}$$

$$aL = 0,23 \text{ dB/Km}$$

$$n_e = 1$$

$$a_e = 0,10\text{dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5\text{dB}$$

$$a_r = 0,10\text{dB/Km}$$

$$a_t = (2,96 * 0,23) \text{ dB} + 0,10\text{dB} + 1\text{dB} + (0,10 * 2,96) \text{ dB}$$

$$a_t = 2,08\text{dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = -6,5\text{dBm} + 19\text{dbm}$$

$$P_m = 12,5\text{dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 12,5\text{dBm} - 1,78\text{dBm}$$

$$M_e = 10,72\text{dBm}$$

Recorrido 2, Central Prosperina – Estación GYE1

$$a_t = L * a_L + n_e * a_e + n_c * a_c + a_r * L$$

$$L = 2,36\text{Km.}$$

$$a_L = 0,23\text{dB/Km}$$

$$n_e = 1$$

$$a_e = 0,10\text{dB}$$

$$n_c = 2$$

$$ac = 0,5\text{dB}$$

$$ar = 0,10\text{dB/Km}$$

$$at = (2,36 \cdot 0,23) + 0,10\text{dB} + 1\text{dB} + (0,10 \cdot 2,36) \text{ dB}$$

$$at = 1,88\text{dBm}$$

$$Pm = Pt - Pu$$

$$Pm = -6,5\text{dBm} + 19\text{dbm}$$

$$Pm = 12,5\text{dBm}$$

$$Me = Pm - At$$

$$Me = 12,5\text{dBm} - 1,64\text{dBm}$$

$$Me = 10,86\text{dBm}$$

Recorrido 1, Estación Zamora Huaico – Estación

LOJA3

$$at = L \cdot aL + ne \cdot ae + nc \cdot ac + ar \cdot L$$

$$L = 0,7\text{Km.}$$

$$aL = 0,23\text{dB/Km}$$

$$ne = 1$$

$$ae = 0,10\text{dB}$$

$$nc = 2$$

$$ac = 0,5\text{dB}$$

$$ar = 0,10\text{dB/Km}$$

$$at = (0,7*0,23) \text{ dB} + 0,10\text{dB} + 1\text{dB} + (0,10*0,7) \text{ dB}$$

$$at = 1,33\text{dBm}$$

$$Pm = Pt - Pu$$

$$Pm = -6,5\text{dBm} + 19\text{dbm}$$

$$Pm = 12,5\text{dBm}$$

$$Me = Pm - At$$

$$Me = 12,5\text{dBm} - 1,26\text{dBm}$$

$$Me = 11,24\text{dBm}$$

Recorrido 2, Estación Zamora Huaico – Estación

LOJA3

$$at = L * aL + ne * ae + nc * ac + ar * L$$

$$L = 1,56\text{Km.}$$

$$aL = 0,23\text{dB/Km}$$

$$ne = 1$$

$$ae = 0,10\text{dB}$$

$$nc = 2$$

$$ac = 0,5\text{dB}$$

$$ar = 0,10\text{dB/Km}$$

$$at = (1,56*0,23) \text{ dB} + 0,10\text{dB} + 1\text{dB} + (0,10*1,56) \text{ dB}$$

$$at = 1,61\text{dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = -6,5\text{dBm} + 19\text{dbm}$$

$$P_m = 12,5\text{dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 12,5\text{dBm} - 1,46\text{dBm}$$

$$M_e = 11,04\text{dBm}$$

3.3.2 Selección de módulos ópticos

La selección de los módulos ópticos mostrados en la tabla 3.14 que son los apropiados para cada recorrido, se hizo en base a la información obtenida de los cálculos de los presupuestos realizados, resumidos en la tabla 3.12 y la tabla 3.13 de los parámetros de desempeños ópticos.

Segmento	Distancia Km	Número de empalmes para bobinas de 4 Km	Pérdidas por empalmes	Coefficiente de atenuación dB/Km	Pérdida por conector dB	Reserva de atenuación dB/Km	Atenuación sin reserva	Atenuación total
Recorrido 1, GYE1-C. Prosperina	2,97	1	0,1	0,23	0,5	0,1	1,78	2,08
Recorrido 2, GYE1-C. Prosperina	2,36	1	0,1	0,23	0,5	0,1	1,64	1,88
Recorrido 1, LOJA3-ZamoraHuaico	0,7	1	0,1	0,23	0,5	0,1	1,26	1,33
Recorrido 2, LOJA3-ZamoraHuaico	1,56	1	0,1	0,23	0,5	0,1	1,46	1,61

Tabla 3.12 Resumen de cálculos ópticos de últimas millas.

Interface Type	Transmitting optical power (dBm)	Central wavelength (nm)	Receiver overload (dBm)	Receiver sensitivity (dBm)	Extinction ratio (dB)
1000Base-ZX (70 km)	-4 to 2	1480 to 1580	-3	-22	9
1000Base-ZX (40 km)	-2 to 5	1270 to 1355	-3	-23	9
1000Base-LX (10 km)	-11.5 to -3	1270 to 1355	-3	-19	9
1000Base-SX (0.55 km)	-9.5 to -4	770 to 860	0	-17	9
100Base-FX (15 km)	-15 to -8	1261 to 1360	-7	-32	8.2
100Base-FX (2 km)	-19 to -14	1270 to 1380	-14	-30	10

Tabla 3.13 Parámetros de desempeño de los módulos ópticos.

Segmento	Distancia Km	Atenuación total	Nivel correspondiente de módulos ópticos
Recorrido 1, GYE1-C. Prosperina	2,97	2,08	1000Base-LX (10 km)
Recorrido 2, GYE1-C. Prosperina	2,36	1,88	1000Base-LX (10 km)
Recorrido 1, LOJA3-ZamoraHuaico	0,7	1,33	1000Base-LX (10 km)
Recorrido 2, LOJA3-ZamoraHuaico	1,56	1,61	1000Base-LX (10 km)

Tabla 3.14 Selección de módulos ópticos por segmento.

Diseño del servicio TDM.

El servicio de los canales de voz solicitados por un cliente en Loja se harán a través de tecnología TDMoIP, para lograr esto se hará un pseudowire entre la estación Loja4 en Loja y

la estación Mapasingue en Guayaquil, con equipos TDMoIP en los extremos, se aprovechará los tributarios disponibles del último alquiler de capacidad hacia el MMR en el NAP de las Américas, la figura 3.24 esquematiza el diseño del servicio.

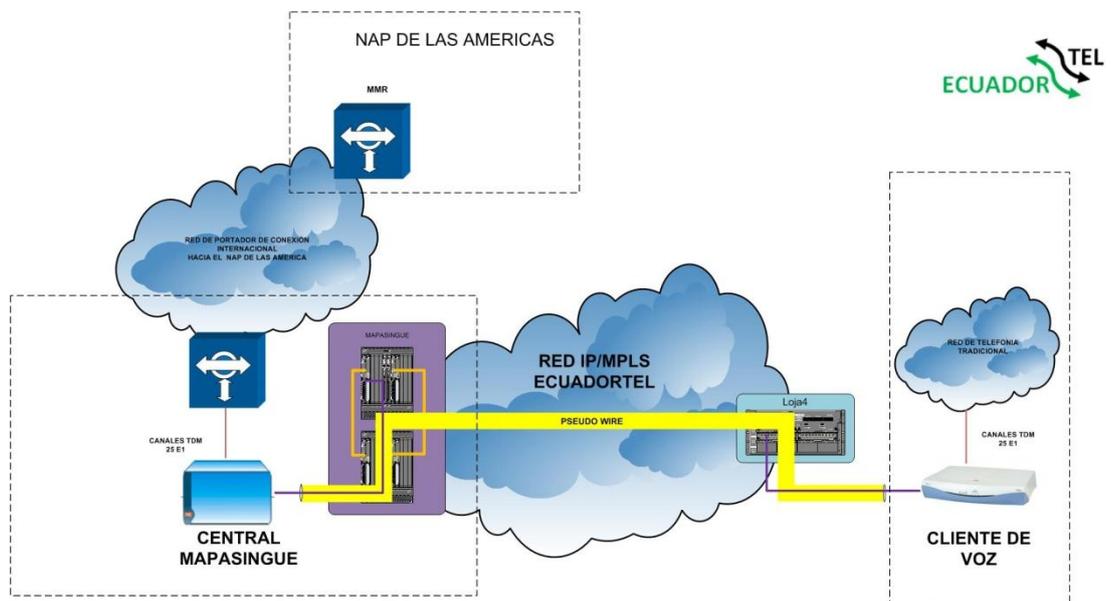


Figura 3.24 Esquema del servicio TDMoIP.

3.3.3 Presupuesto de enlace de las últimas millas

Para la conexión de la última milla hacia el equipo del cliente se escogió la fibra óptica ITU-T G.652.



Figura 3.25 Recorrido de última milla para el servicio TDMoIP en Loja.

Recorrido 1, Estación Loja4 – Nodo Cliente de voz

$$a_t = L \cdot a_L + n_e \cdot a_e + n_c \cdot a_c + a_r \cdot L$$

$$L = 2,17 \text{ Km.}$$

$$a_L = 0,23 \text{ dB/Km}$$

$$n_e = 1$$

$$a_e = 0,10 \text{ dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0,5 \text{ dB}$$

$$a_r = 0,10 \text{ dB/Km}$$

$$a_t = (2,17 \cdot 0,23) \text{ dB} + 0,10 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + (0,10 \cdot 2,17) \text{ dB}$$

$$a_t = 2,82 \text{ dBm}$$

$$P_m = P_t - P_u$$

$$P_m = -6,5 \text{ dBm} + 19 \text{ dBm}$$

$$P_m = 12,5 \text{ dBm}$$

$$M_e = P_m - A_t$$

$$M_e = 12,5 \text{ dBm} - 1,60 \text{ dBm}$$

$$M_e = 10,90 \text{ dBm}$$

Selección de módulos ópticos

La selección de los módulos ópticos mostrados en la tabla 3.16 que son los apropiados para cada recorrido, se hizo en base a la información obtenida de los cálculos de los presupuestos realizados, resumidos en la tabla 3.15 y la tabla 3.13 de los parámetros de desempeños ópticos.

Segmento	Distancia Km	Número de empalmes para bobinas de 4 Km	Pérdidas por empalmes	Coefficiente de atenuación dB/Km	Pérdida por conector dB	Reserva de atenuación dB/Km	Atenuación sin reserva	Atenuación total
Recorrido 1, LOJA1-Cliente canales de voz	2,17	1	0,1	0,23	0,5	0,1	1,60	1,82

Tabla 3.15 Resumen de cálculos ópticos de últimas millas.

Segmento	Distancia Km	Atenuación total	Nivel correspondiente de módulos ópticos
Recorrido 1, LOJA1-Cliente canales de voz	2,17	1,82	1000Base-LX (10 km)

Tabla 3.16 Selección de módulos ópticos por segmento.

CAPITULO 4

4 Costos

A continuación se detalla los precios de cada uno de los rubros que se necesita para la implementación de la red

El primer rubro que se considera es el alquiler de los sitios de 15 m² de superficie donde se encontrarán los equipos SDH que se pueden observar en la Tabla 4.1

Descripción	Costo Promedio de alquiler por sitio (USD)
Alquiler Sitio	\$ 200

Tabla 4.1 Costos alquiler sitios.

Luego tenemos los costos de implementación para los dos nodos principales de equipamiento SDH Mapasingue y Balcón Lojano, ver Tabla 4.2.

Producto	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Rack Huawei	ETSI Assemble Rack (2200x600x300mm)	1	3.600,00	3.600,00
Subrack 2500	Subrack	1	2.500,00	2.500,00
EOW-1500	Engineering Order Wire Board	1	900,00	900,00
AUX-1500-R1	System Auxiliary Interface Board	1	1.400,00	1.400,00
PIU-1500	Power Interface Board	2	150,00	300,00

SS-CXL1	Optical Interface Board STM-16	2	4.140,00	8.280,00
SS-DL-8E1-120-15	Trunk Cable, 45 deg, 15m, 120 Ohm, 8E1, 0.5 mm	2	70,00	140,00
LC-FC-S-20	Patch Cord FC-LC, SM, 2mm, 10m	3	12,00	36,00
LC-FC-M-20	Patch Cord FC-LC, MM, 2mm, 10m	3	14,00	42,00
SS-Power 01	Set of 4805 and Accesories for 1500/2500	1	520,00	520,00
ODF	Distribuidor Fibra Optica	2	87,00	174,00
Organizadores	Organizadores de Fibra	2	13,00	26,00
Aire Acondicionado	AA 18000 BTU	1	1.130,00	1.130,00
Conexión a Tierra	Instalación	1	300,00	300,00
UPS	UPS, Baterias	1	5.800,00	5.800,00
TOTAL				25.148,00

Tabla 4.2 Costos Implementación Nodos Principales.

Así mismo tenemos los costos de implementación para los nodos secundario, ver Tabla 4.3

Producto	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Rack Huawei	ETSI Assemble Rack (2200x600x300mm)	1	3.600,00	3.600,00
Subrack 2500	Subrack	1	2.500,00	2.500,00
EOW-1500	Engineering Order Wire Board	1	900,00	900,00
AUX-1500-R1	System Auxiliary Interface Board	1	1.400,00	1.400,00
PIU-1500	Power Interface Board	2	150,00	300,00
SS-CXL1	Optical Interface Board STM-16	2	4.140,00	8.280,00
LC-FC-S-20	Patch Cord FC-LC, SM, 2mm, 10m	3	12,00	36,00
LC-FC-M-20	Patch Cord FC-LC, MM, 2mm, 10m	3	14,00	42,00
SS-Power 01	Set of 4805 and Accesories for 1500/2500	1	520,00	520,00
ODF	Distribuidor Fibra Optica	2	87,00	174,00
Organizadores	Organizadores de Fibra	2	13,00	26,00
Aire Acondicionado	AA 18000 BTU	1	1.130,00	1.130,00
Conexión a Tierra	Instalación	1	300,00	300,00
UPS	UPS, Baterias	1	5.800,00	5.800,00
TOTAL				25.008,00

Tabla 4.3 Costos Implementación Nodos Secundarios.

Para la gestión de los equipos SDH se debe adquirir el servidor con las licencias respectivas del software T2000, en la Tabla 4.4 podemos ver los costos del mismo.

Producto	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
iManager T2000	License charge Per OSN 1500	11	1.700,00	18.700,00
	SDH Application Software Charge	1	15.600,00	15.600,00
Win Client Network Management	JTGO Runtime License	1	430,00	430,00
Win Client NE License Authorization Charge	Windows Client Software Charge	1	12.480,00	12.480,00
	iManager T2000: License Charge Per Client	1	60.000,00	60.000,00
	TOTAL			107.210,00

Tabla 4.4 Costos Servidor de Gestión T2000.

En la Tabla 4.5 se a listado los costos que implica la instalación de la fibra a lo largo del recorrido del anillo Guayaquil – Loja en donde se observa los costos de tendido, fusión de fibra.

Producto	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Tendido Fibra	Valor de tendido de fibra por metro	847630	0,30	254.289,00
Fusión de Fibra	Valor de hilo fusionado	2604	20,00	52.080,00
Mangas	Manga de Fibra Optica	199	80,00	15.920,00
Postes	Postes de concreto	28254	1,00	28.254,00
Fibra 12 hilos x m	Valor por metro	847630	0,40	339.052,00
Herrajes	Herraje por poste	28254	6,00	169.524,00
	TOTAL			859.119,00

Tabla 4.5 Costos Instalación de Fibra Anillo Guayaquil – Loja.

El precio de instalación de un canal de E1 es de \$250 mientras que el costo de alquiler de un canal E1 desde el NAP de las Américas hasta Punta Carnero es de \$1800 mensuales, y el canal de E1 en Loja es de \$2500 mensuales.

En la Tabla 4.6 se describe la estimación de costos totales de implementación de la red SDH

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Costo Nodo Principal	2	25.148,00	50.296,00
Costo Nodo Secundario	9	25.008,00	225.072,00
Costo Sistema de Gestión	1	107.210,00	107.210,00
Costo Instalación de Fibra	1	859.119,00	859.119,00
TOTAL			1.241.697,00

Tabla 4.6 Costo Total Implementación Red SDH.

4.1 Retorno de inversión

Se realizó un resumen de cálculos de retorno de inversión tomando en cuenta que se va a brindar servicios de 1 E1 dedicado a un precio de \$400 entre las ciudades de Guayaquil, Naranjal, Machala, Loja

Teniendo en cuenta que desde el primer año que se vende este servicio se va a tener una cantidad de 90 clientes y manteniendo este número de clientes por los siguientes dos años; podemos observar cómo según lo muestra la tabla 4.7 que el retorno de toda

la inversión se la obtiene a los tres años después de haber implementado la red SDH.

Costo de 1 E1 dedicado mensual		\$ 400,00
E1s disponibles	9 STM1s X 63 E1s	567
Valor recaudación mensual por 90 E1s vendidos		36.000,00
Valor recaudación anual por 90 E1s vendidos		432.000,00
Valor recaudación por 3 años de los 90 E1s que se brindan		1.296.000,00

Tabla 4.7 Retorno de inversión.

Adicional a la proyección efectuada del retorno del capital invertido, uno de los servicios que se han ofertado en este proyecto es la venta de los 25 canales de voz hacia el NAP de las Américas, en la actualidad se posee un STM-1 de capacidad contratada hacia el MMR, el pago mensual del alquiler de esta capacidad es de \$25.000,00 y se tiene aun disponible 29 E1's, se proyecta vender el servicio al Call Center en Loja por \$17.500,00.

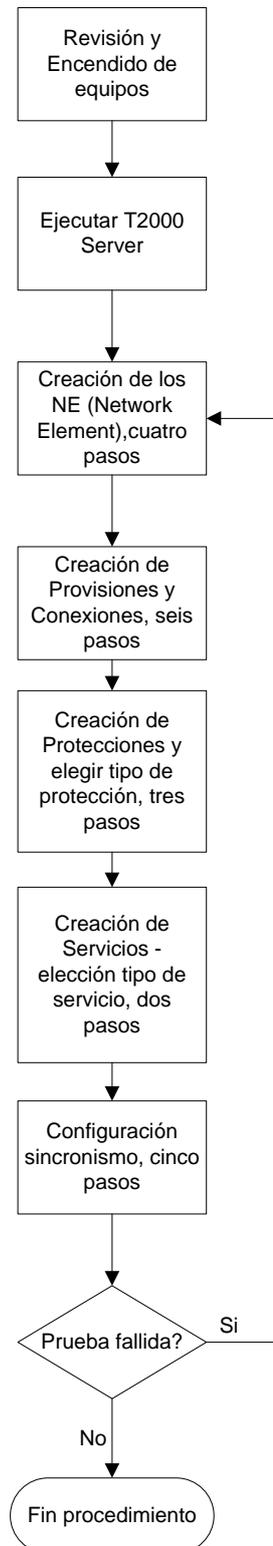
CAPITULO 5

5 Simulación de redes SDH, Metro Ethernet y TDMoIP

Para la simulación de la red SDH en el laboratorio de Telecomunicaciones se utilizaron equipos Huawei modelo OSN1500B con tarjetas agregadas STM-4; la configuración se la realizó mediante el software T2000 instalado en Windows XP. Ya que el laboratorio no cuenta con la suficiente cantidad de licencias para el T2000 se procedió a crear solo 3 NE.

5.1 Procedimiento de Configuración de Servicios SDH con el gestor T2000.

El siguiente es el diagrama de flujos para la creación de servicios SDH con el gestor T2000.



1. Dar doble click en el ícono T2000 server en el escritorio de Windows; a continuación se ingresa usuario y password.
2. Dar doble click en el ícono T2000 cliente para ingresar al servidor.
3. Introducir usuario y password.
4. En la ventana de Main Topology se encuentran 3 botones en la parte superior derecha para poder observar los niveles de alarmas: Critical, Major y Minor siendo sus colores rojo, naranja y amarillo respectivamente.

4.1 Creación de NE (Network Elements) como se muestra en la figura 4.1

4.2 Click en File/Create/Topology Object.

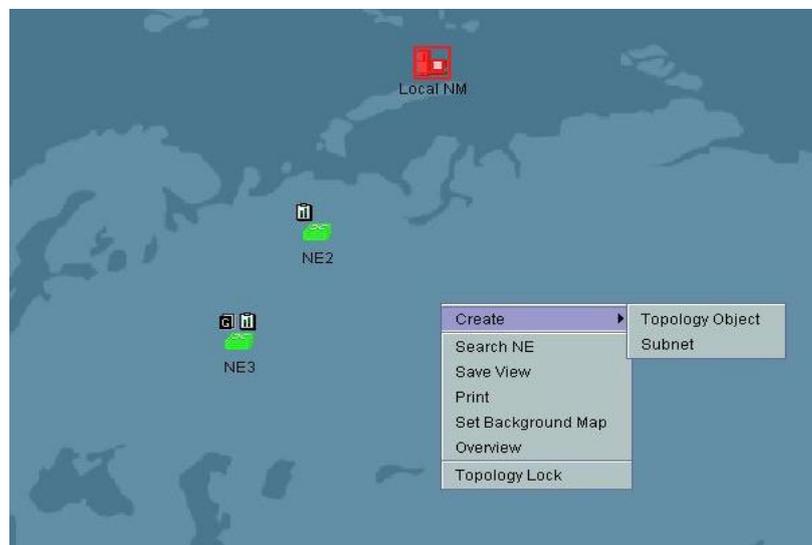


Figura 5.1 Creación de NE.

4.3 Luego se elige el tipo de NE a ser creado se introduce el ID que es la identificación de cada network element, se llena el campo Name que es el nombre del equipo, además se selecciona el Gateway que irá conectado al servidor en la pantalla será el ID 3 (Figura 5.2).

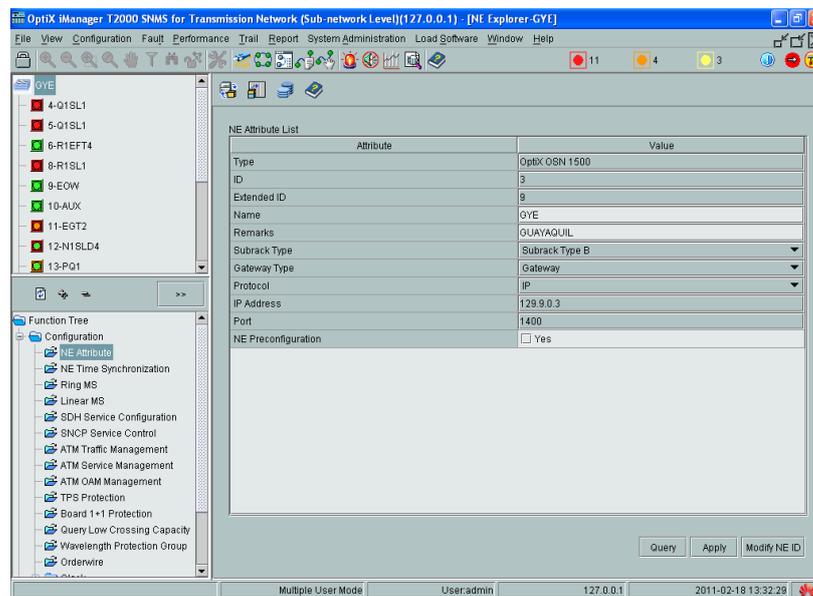


Figura 5.2 Ingreso de Información de los Elementos de Red.

4.4 En la figura 5.3 se observan los NE creados

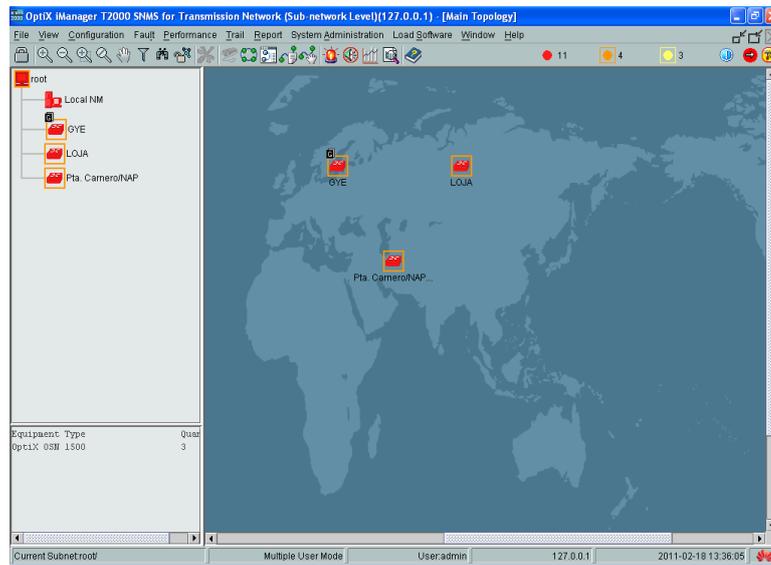


Figura 5.3 Elementos de Red creados.

5. Aprovisionamiento de Network Elements

5.1 Una vez escogida la opción de NE Configuration Wizard, debemos seleccionar el modo de configuración manual (figura 5.4).

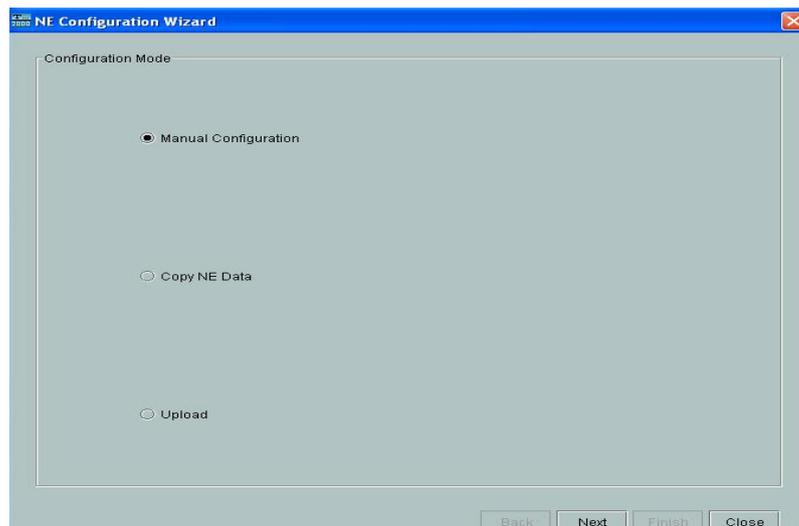


Figura 5.4 Manual Configuration.

5.2 Luego en el modelo de Equipo (Optix OSN 1500) colocamos Subrack Type B que es el modelo de equipo SDH que disponemos en el laboratorio y a continuación next (Figura 5.5).

Attribute	Value
NE ID	9-2
NE Name	GYE
Equipment Type	OptiX OSN 1500
NE Remarks	
Used for Extended Subrack or Not	No
Subrack Type	Subrack Type B

Figura 5.5 Subrack Type B.

5.3 Click en Query Physical Slots para mostrar tarjetas activas (Figura 5.6).

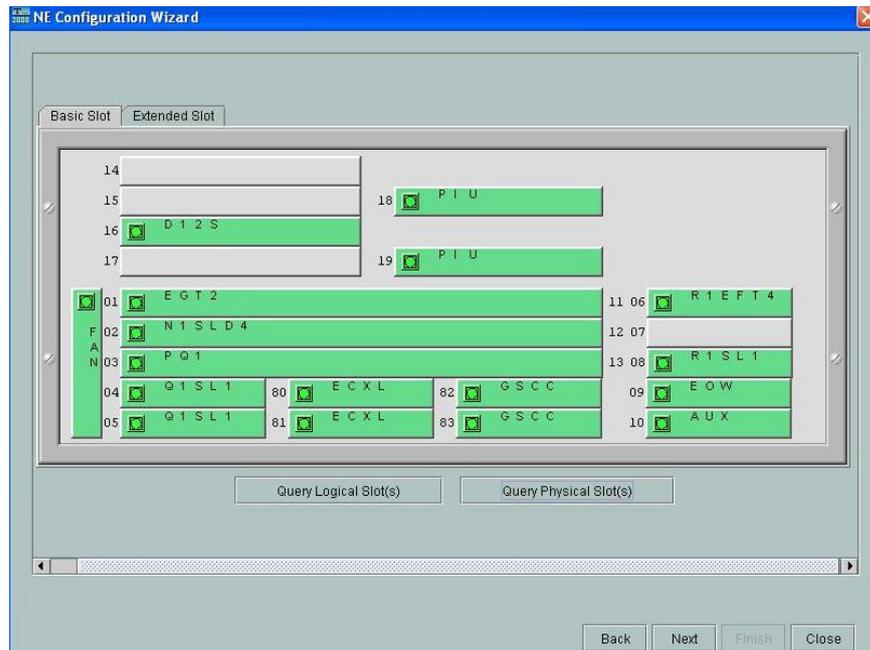


Figura 5.6 Verificación de tarjetas activas.

5.4 Guardar y Ejecutar la configuración haciendo click en Verify and Run (Figura 5.7).

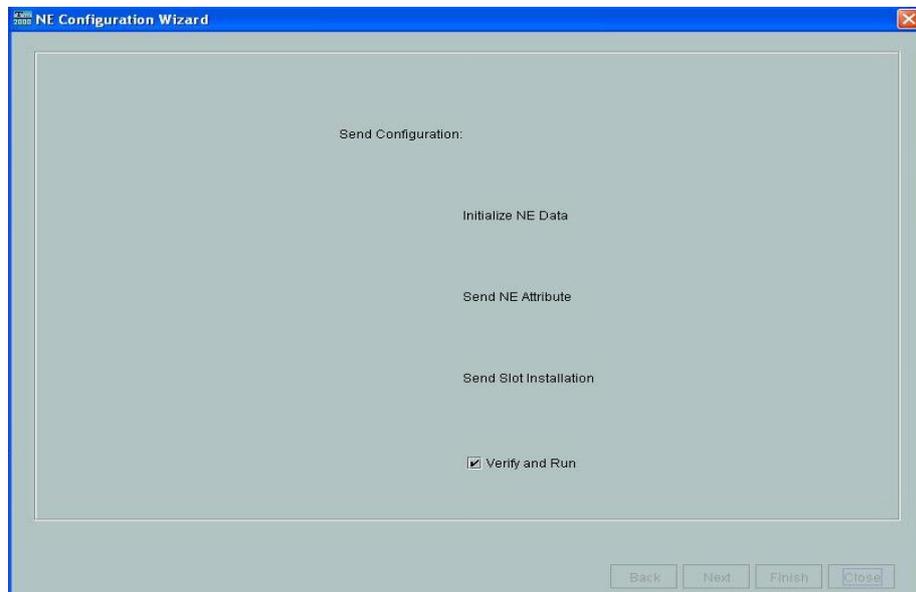
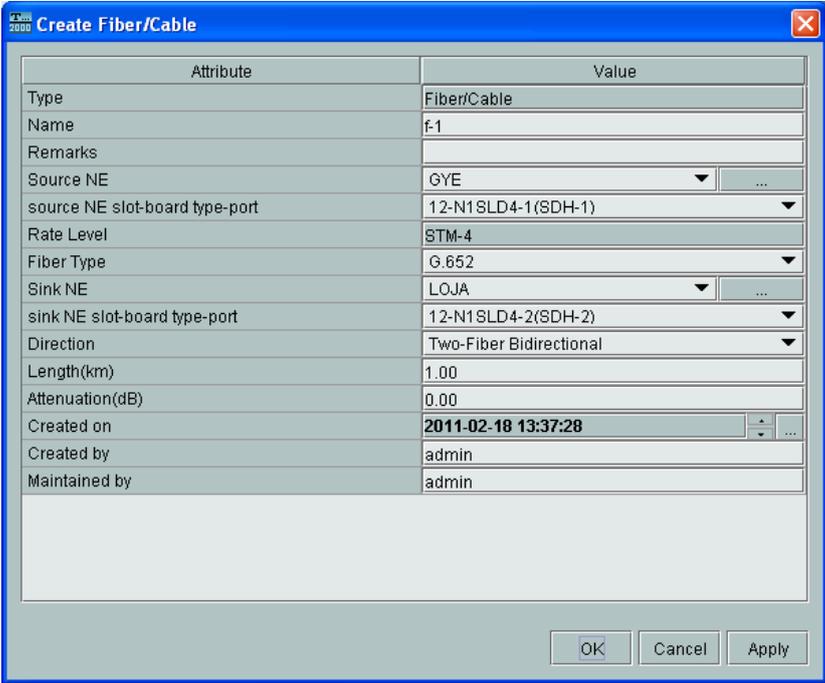


Figura 5.7 Verificación de la configuración.

6. Creación de Conexiones

6.1 Para crear las conexiones se selecciona el icono  en la barra de herramientas del cuadro Main Topology.

6.2 Luego se realiza la configuración de las conexiones (Figura 5.8)



Attribute	Value
Type	Fiber/Cable
Name	f-1
Remarks	
Source NE	GYE
source NE slot-board type-port	12-N1SLD4-1(SDH-1)
Rate Level	STM-4
Fiber Type	G.652
Sink NE	LOJA
sink NE slot-board type-port	12-N1SLD4-2(SDH-2)
Direction	Two-Fiber Bidirectional
Length(km)	1.00
Attenuation(dB)	0.00
Created on	2011-02-18 13:37:28
Created by	admin
Maintained by	admin

Figura 5.8 Configuración de las conexiones.

Una vez realizado las tres conexiones podemos observarlas en la topología (Figura 5.9)

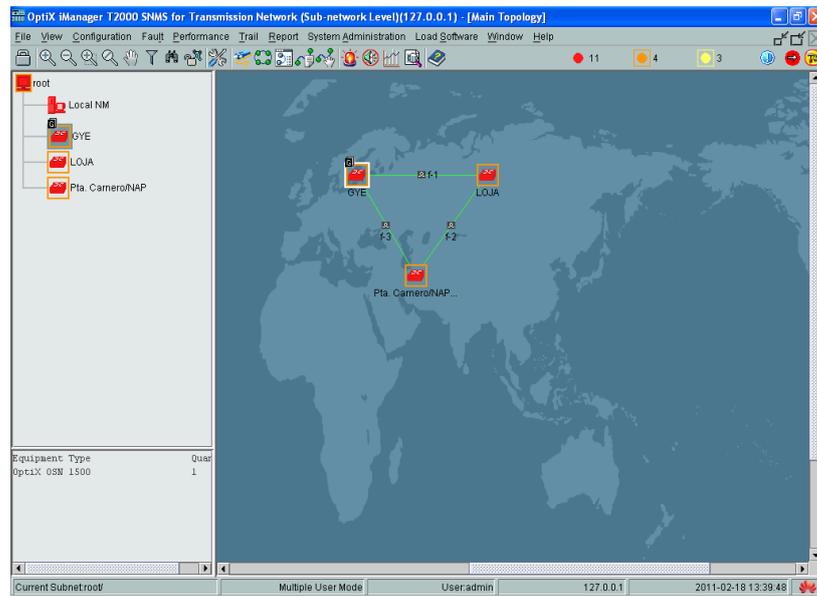


Figura 5.9 Conexiones Terminadas.

7. Creación de las Protecciones

7.1 Hacer click en Main menu/ Configuration/Protection view

(Figura 5.10)

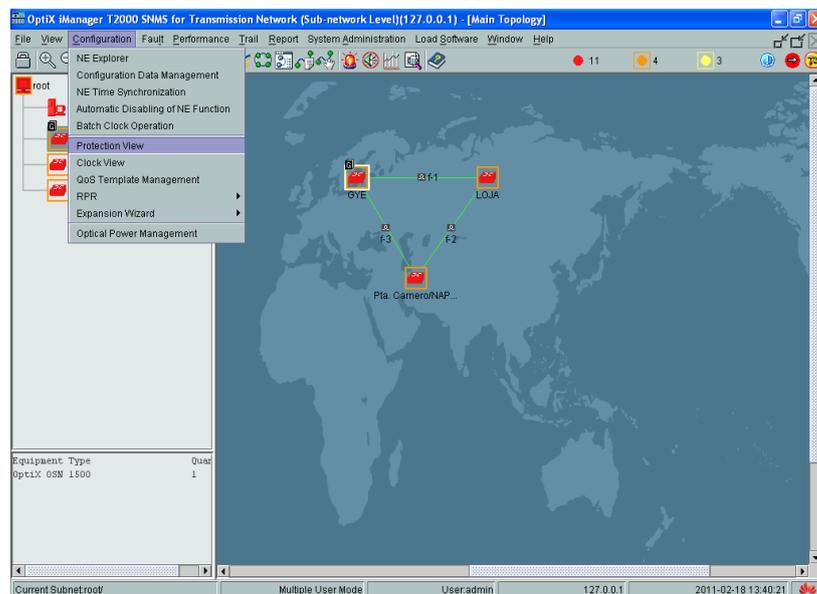


Figura 5.10 Selección de Protection view.

7.2 En la figura 5.11 se muestra la selección de PP Uniform Route

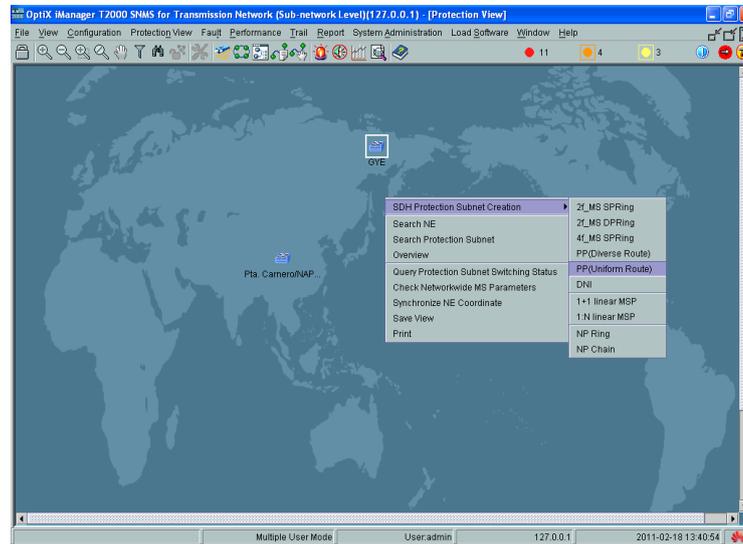


Figura 5.11 PP Uniform Route.

7.3 Luego se selecciona en level STM-4, hacemos click en next y observaremos la configuración realizada (Figura 5.12).

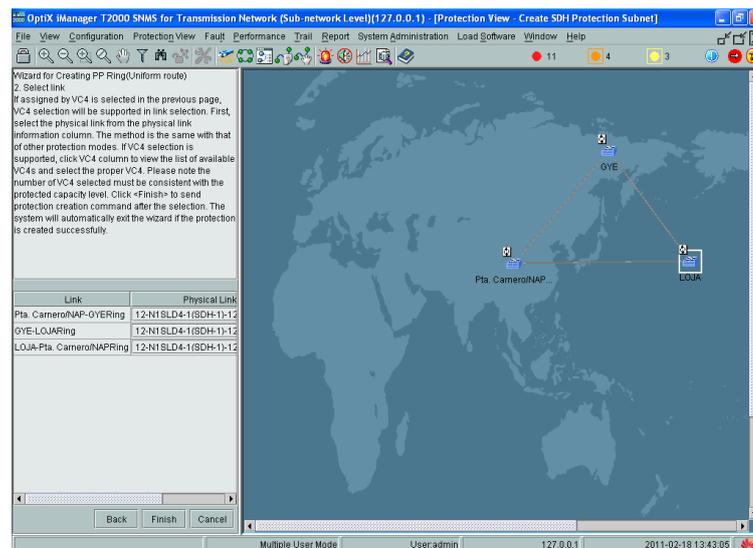


Figura 5.12 Información de Configuración.

8. Creación de Servicios

8.1 Para crear el servicio hacemos click en Trail-SDH Trail Creation; se selecciona la tarjeta STM-1; se escoge el nivel VC-4 y se crea la protección del anillo (las líneas azules representan el camino en Working y las líneas amarillas y rosadas al camino que está como Protection) Ver figura 5.13.

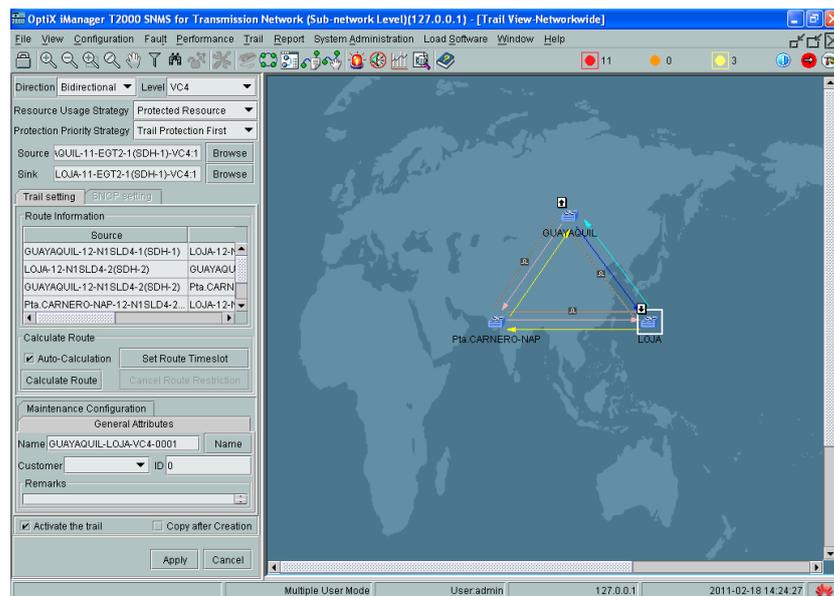


Figura 5.13 Pantalla de Protecciones.

8.2 Creación de E1.

Se escoge la tarjeta PQ1 (Tarjeta de 63 E1s) y seleccionamos el nivel VC-12 (Figura 5.14).

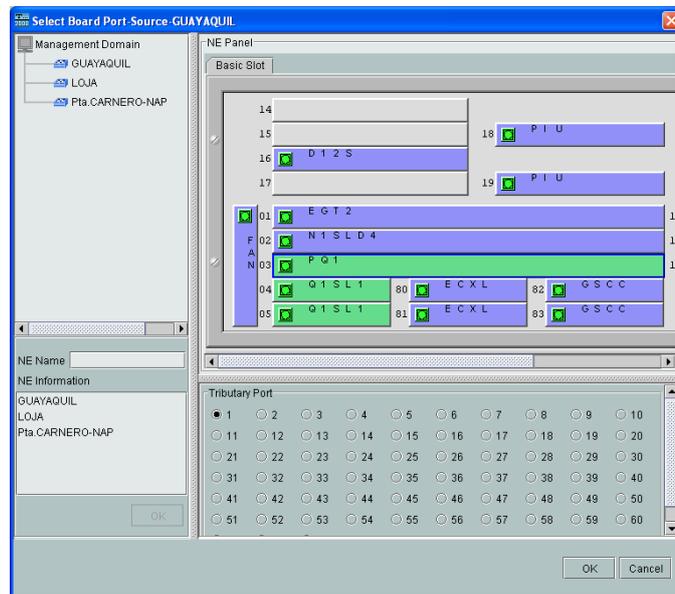


Figura 5.14 Selección de tarjeta PQ1.

9. Clock.

9.1 Dar click en Configuration – Clock view ; seleccionamos de una lista de prioridades las fuentes de sincronismo deseadas. (Figura 5.15)

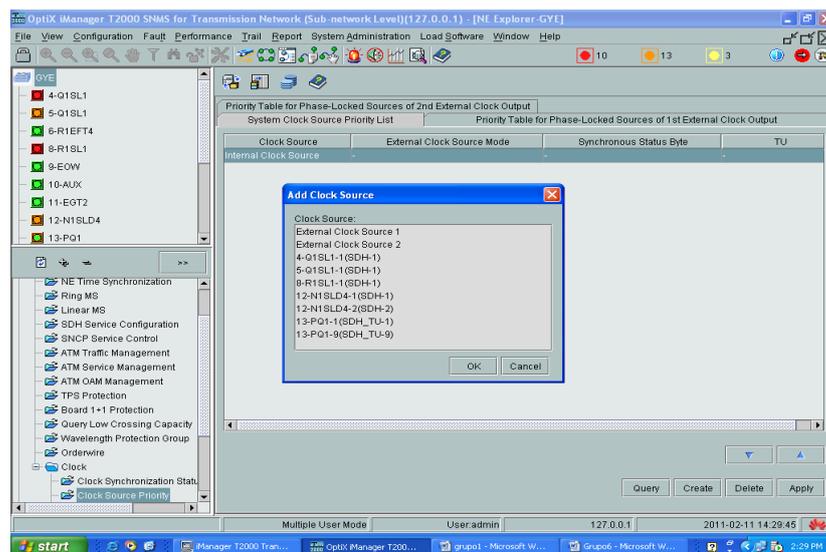


Figura 5.15 Selección de Fuente de sincronismo.

9.2 Luego se puede observar las fuentes escogidas (Figura 5.16)

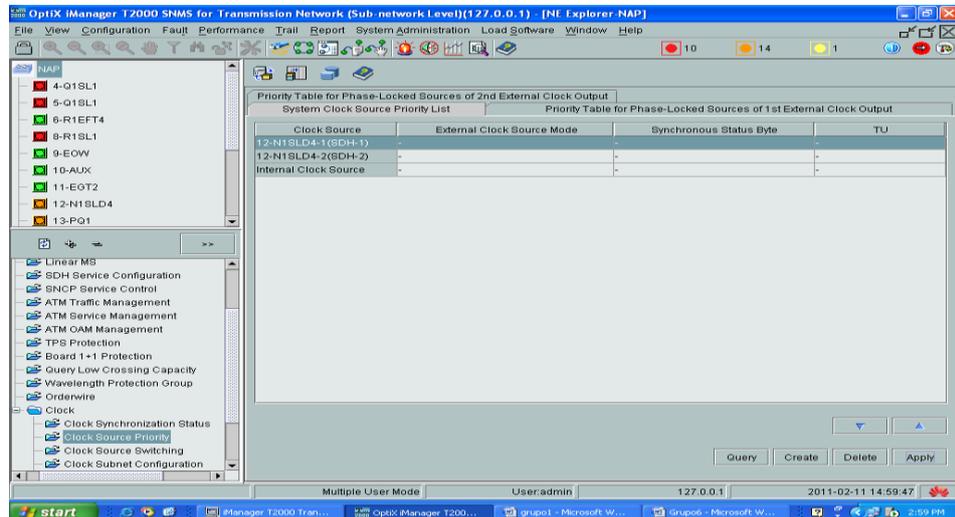


Figura 5.16 Fuentes escogidas.

9.3 Se selecciona los 2 puertos de la tarjeta 12-N1SLD4 y se elige la opcion Start Standard SSM Protocol (Figura 5.17).

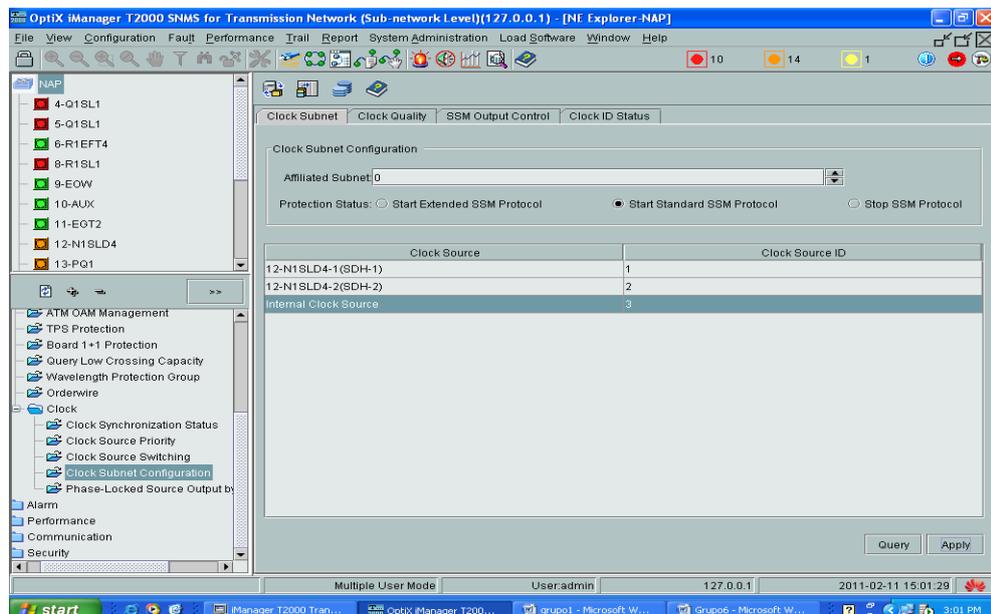


Figura 5.17 SSM Protocol.

9.4 En Clock Quality seleccionamos G.811 Clock Signal y hacemos click en Apply (Figura 5.18).

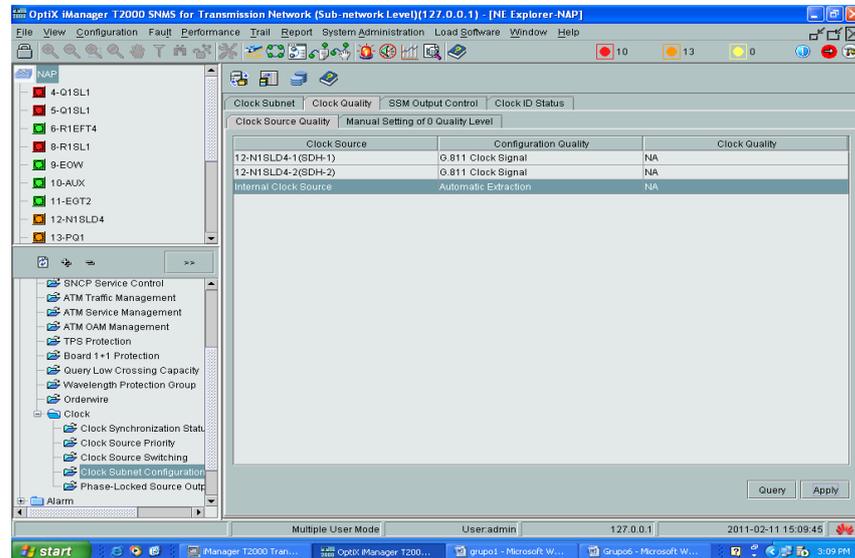


Figura 5.18 G.811.

9.5 Se procede de igual manera para los dos siguientes NE a excepción de NE GYE que en prioridad 1 tendría Internal Clock Source (Figura 5.19).

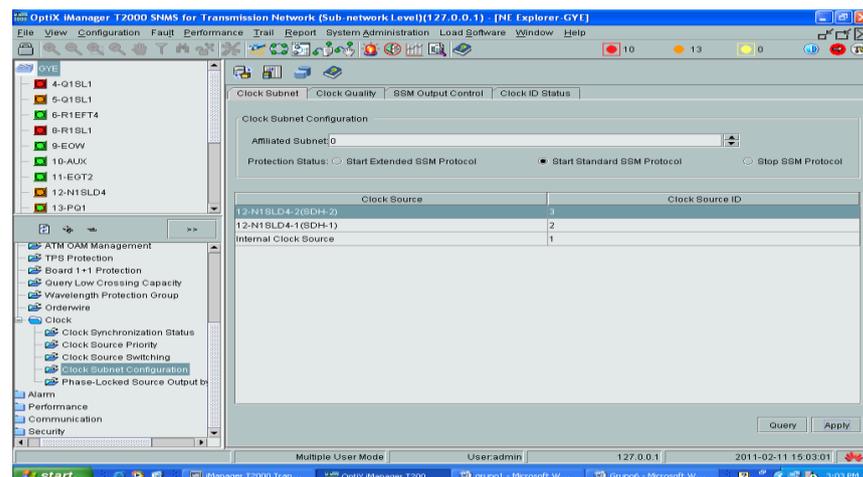


Figura 5.19 Configuración Prioridad Clock.

Con esto se da por terminado la configuración SDH entre Guayaquil y Cuenca. No se pudo probar con el número total de nodos del proyecto debido a que la licencia del equipo Huawei no permite crearlos.

5.2 Simulación laboratorio de RED TDMoIP.

A continuación se muestra los pasos para realizar la configuración de los equipos TDMoIP utilizados en el laboratorio:

Mediante consola con el comando Telnet se ingresa el user y password para acceder al Menú Principal como se muestra en la figura 5.20.

```
Main Menu
1. Inventory          >
2. Configuration     >
3. Monitoring        >
4. Diagnostics       >
5. Utilities         >

>[2-█
Please select item <1 to 5>
ESC-prev.menu; !-main menu; s-exit                2 Mngr/s
-----
```

Figura 5.20 Menú Principal.

Una vez en el Menú Principal se escoge la opción 2 (Configuration) que nos mostrará 4 opciones como se muestra en la figura 5.21.

```
Configuration
1. System >
2. Physical layer >
3. Connection >
4. Bridge >

> █
Please select item <1 to 4>
ESC-prev.menu; !-main menu; s-exit 2 Mngr/s
-----
```

Figura 5.21 Menú Configuration.

Una vez que estamos en el Menú Configuration se debe escoger la opción 1 System donde se configura la dirección IP, configuración del clock, hora, fecha, etc. (Figura 5.22).

```

System

1. Host IP                >
2. Management            >
3. System clock          >
4. Control port          >
5. Date/Time             >
6. Factory default       >

> █

Please select item <1 to 6>

ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit                2 Mngr/s
-----

```

Figura 5.22 System.

Dentro de esta opción de Host IP debemos configurar la dirección IP del equipo con su máscara de red y Gateway, o a su vez habilitar DHCP. (Figura 5.23)

```

Host IP

1. IP address            ... (172.21.0.10)
2. IP mask               ... (255.255.255.248)
3. Default gateway      ... (172.21.0.9)
4. DHCP                 (Disable)

> █

Please select item <1 to 4>

ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit                2 Mngr/s
-----

```

Figura 5.23 Host IP.

La configuración de la fecha y hora se lo realiza en el menú System opción 5 (Figura 5.24).

```
Date/Time
1. Set time [HH:MM:SS]          ... (18:40:51)
2. Set date [YYYY-MM-DD]       ... (2011-02-18)

> █

Please select item <1 to 2>

ESC-prev.menu; !-main menu; s-exit                               2 Mngr/s
-----
```

Figura 5.24 Fecha y Hora.

Luego debemos ir a la opción de Physical Layer que es el ítem 2 del Menú Configuration (Figura 5.25)

```
Physical layer
1. TDM                          >
2. Eth                          >
3. External clock interface      (Balanced)

> █

Please select item <1 to 3>

ESC-prev.menu; !-main menu; s-exit                               2 Mngr/s
-----
```

Figura 5.25 Physical layer.

Una vez en el menú de Physical Layer debemos elegir la opción 1 TDM en donde configuraremos el clock (Figura 5.26). Eligiendo la opción 1 de Physical layer se tiene TDM lo que se puede observar en la figura 5.41, aquí se configura el clock del circuito; para lo cual se tienen algunas opciones como: generar el clock por parte de los proveedores en algún punto de la infraestructura; o sino tomar el clock que el cliente genere, considerando que únicamente debe existir un clock para el circuito.

Por ejemplo: en el caso de dos puntos A y B, si el punto A esta recibiendo el clock de la línea en este equipo debe ser configurado su clock como loopback y el del extremo B debe ser configurado como adaptive.

```

TDM
Channel ID                               (1)
1. Admin status                          (Enable)
2. Transmit clock source                  > (Adaptive)
3. Rx sensitivity                         (Short haul)
4. Trail mode                            (Termination)
5. Line type                              > (Unframed G.703)

>1
Please select item <1 to 5
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit
2 Mngr/s

```

Figura 5.26 TDM.

Para configurar un E1 en modo unframed o framed se escoge la opción 5 Line Type del menú TDM (Figura 5.26).

```
Line type (Unframed G.703)
1. Unframed G.703
2. Framed G.704
3. Framed G.704 CRC
4. Framed MF
5. Framed MF CRC

>
Please select item <1 to 5>
ESC-prev.menu; !-main menu; q-exit                               2 Mngr/s
-----
```

Figura 5.27 Line type.

Además se debe configurar la auto-negociación o deshabilitarla; la velocidad del puerto con el cual se conectará a un puerto del switch Ethernet (Figura 5.27).

```

Eth
  Channel > (Network-Eth1)
  1. Channel state (Enable)
  2. Auto negotiation (Enable)
  3. Max capability advertised > (100baseT full duplex)
  4. Default type > (100baseT full duplex)

>
Please select item <1 to 4>
F - Forward
ESC-prev.menu; !-main menu; s-exit 2 Mngr/s
-----

```

Figura 5.28 Configuración de Puerto Ethernet.

Luego se debe configurar el bundle de E1s en el Menú Configuration opción 3 Connection (Figura 5.28).

```

Connection
  Connection mode (IDMoIP CE)
  PSN type (UDP/IP)
  1. Bundle ID[1 - 1] ... (1)
  2. Bundle connection >

>
Please select item <1 to 2>
ESC-prev.menu; !-main menu; s-exit 2 Mngr/s
-----

```

Figura 5.29 Connection mode.

Como se configuró en modo unframed colocamos la opción 2 Bundle Connection de otra manera habría que configurar los timeslots. Una vez realizada estas configuraciones en el Menú Configuration opción 3 Connection podemos revisar el status de la conexión (Figura 5.29)

```

Bundle connection
TDM channel ID: 1 Bundle ID: 1

1. Destination IP address          ... (172.21.0.11)
2. Next hop                        ... (-)
3. IP TOS[0 - 255]                ... (0)
4. Connection status              (Enable)
5. Destination bundle[1 - 8063]   ... (1)
6. TDM bytes in frame(x48 bytes)[1 - 30] ... (1)
7. Payload format                 (V2)
8. OAM connectivity              (Enable)
9. Jitter buffer [msec][3 - 300] ... (15.0)
10. VLAN tagging                  (Disable)

>

Please select item <1 to 10>
D - Delete
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit
2 Mngr/s
-----

```

Figura 5.30 Bundle Connection.

CONCLUSIONES

1. La selección de las ciudades o localidades en las cuales se instalarán los equipos SDH, se hizo pensando en una futura demanda de servicios sobre la red SDH, así podemos notar que ciudades como Machala, Loja, Cuenca, Naranjal y Milagro son usadas en el proyecto para instalar los ADM's.
2. Los sitios rurales seleccionados para la instalación de los ADM's fueron escogidos tomando en consideración la disponibilidad del servicio de electricidad y la viabilidad del acceso.
3. El tendido de la fibra es de forma aérea, se escogió este método debido al menor costo, menor tiempo de instalación y menor tiempo de reparación de fibra.
4. La topología física que se usa para la implementación es en anillo, esta nos brinda la contingencia necesaria para sobreponernos a un evento de falla en uno de nuestros enlaces.
5. Las redes Metro Ethernet ubicadas una en Loja y la otra en Guayaquil se conectarán a la red SDH por medio de interfaces STM16, ya que este tipo de hardware es soportado por los equipos IP-MPLS de Alcatel – Lucent.
6. El reloj de la red SDH se recibirá por medio de la interface STM16 conectado a los equipos 7750 SR12 Mapasingue1 y Mapasingue2 el cual es capturado del PRC de la central Mapasingue.

7. Como estándar de la empresa se especifica que todo trabajo sobre la red deberá tener de por medio un documento llamado MOP que tiene como objetivo guiar al personal de operación y mantenimiento a lo largo de un proceso metódico durante la tarea planificada.
8. Para los servicios de los canales de voz internacionales se usa la capacidad excedente arrendada del tráfico TDM hacia el NAP de las Américas, esta conexión se la recibe en nuestra central Mapasingue, sitio en el que interconectaremos los 25 E1 provenientes del cliente en Loja.
9. La simulación realizada en el laboratorio de la FIEC es lo que en pequeña escala se puede conseguir en una red macro, la simulación no pudo cumplir con la capacidad del anillo requerida en el proyecto, ya que no hubieron interfaces STM16, tampoco con el número total de NE porque solo existen tres ADM's en el laboratorio.

RECOMENDACIONES

1. Se debe proveer al laboratorio de la FIEC con el equipamiento y licencias de software necesarias a fin de que él permita simular escenarios más completos, que haría que la diferencia entre una implementación real y de laboratorio no sea mayor.
2. Se debe definir un plan de capacitación para los operadores de la red SDH, a fin de minimizar los fallos en la red producto del desconocimiento de la teoría e implementación, de esta tecnología.
3. Las instalaciones de estos equipos deben cumplir con los estándares sugeridos por el proveedor del hardware, para no mermar la vida útil del equipamiento.
4. Debería existir una forma de transportación hacia y desde todo el campus universitario en la que no se discrimine a un usuario del servicio de transporte por el simple hecho de haber egresado de la universidad, esto genera gastos no esperados y pérdida de tiempo para quienes deben asistir a la ESPOL.

BIBLIOGRAFÍA

1. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Tesis de Grado, "Análisis de interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP aplicadas al Diseño de un sistema de anillos metropolitanos para la CNT EP en la ciudad de Riobamba".
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/629/1/38T00247.pdf>,
fecha de consulta julio 2011.
2. Huawei OSN3500 manual, 31250252-OSN 3500 Hardware Description Manual (V1.21), fecha de consulta mayo 2011.
3. Huawei OSN3500 manual, 31161365-OSN 3500&2500&1500 Service Configuration Guide(V1.20), fecha de consulta julio 2011
4. Wikipedia, enciclopedia libre, Synchronous optical networking
http://en.wikipedia.org/wiki/Synchronous_Digital_Hierarchy, fecha de consulta mayo 2011.
5. Heavy Reading, VOL. 1, No. 6, Noviembre 14 de 2006. The Future of SONET/SDH
http://img.lightreading.com/heavyreading/pdf/hr20031114_esum.pdf, fecha de consulta julio 2011.
6. TyN Latinoamérica, IPLAN seleccionó las soluciones TDMoIP,
<http://www.tynmagazine.com/NotePrint.aspx?Note=70185>, fecha de consulta marzo 2011